

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM CONSERVAÇÃO E
MANEJO DE RECURSOS NATURAIS – NÍVEL MESTRADO

OLGA MARLUCI PASSARIN

USO A LONGO PRAZO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA EM
TRÊS CULTIVOS AGRÍCOLAS: ABORDAGEM MULTIVARIADA

CASCADEL-PR

AGOSTO-2012

OLGA MARLUCI PASSARIN

USO A LONGO PRAZO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA EM
TRÊS CULTIVOS AGRÍCOLAS: ABORDAGEM MULTIVARIADA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Conservação e Manejo de Recursos Naturais – Nível Mestrado, do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Conservação e Manejo de Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Silvio César Sampaio

Área de Concentração: Conservação e Manejo de Recursos Naturais

CASCADEL-PR

AGOSTO-2012

FOLHA DE APROVAÇÃO

OLGA MARLUCI PASSARIN

USO A LONGO PRAZO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA EM
TRÊS CULTIVOS AGRÍCOLAS: ABORDAGEM MULTIVARIADA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação stricto sensu em Conservação e Manejo de Recursos Naturais-Nível de Mestrado, do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Conservação e Manejo de Recursos Naturais, pela comissão Examinadora composta pelos membros:

Prof. Dr. Silvio César Sampaio

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)

Prof. Dra. Monica Sarolli Silva de
Mendonca Costa
UNIOESTE

Prof. Dr. Pitágoras Augusto Piana
UNIOESTE

Prof. Dra. Luciana Pagliosa Carvalho
Guedes
UNIOESTE

Prof. Dra. Tatiane Cristina Dal Bosco
UTFPR

Aprovada em: 20/08/2012

Local da defesa: Laboratório de Protótipos, Campus Cascavel, UNIOESTE-PR

Dedicatória

*Aos meus pais Valéria e Neivo Passarin
pelo amor e intensa dedicação para minha formação e felicidade.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente é preciso deixar claro que essa conquista só foi possível pela contribuição de grandes pessoas, amigos e profissionais que com muito carinho me ajudaram a tornar esse trabalho real. Todos vocês aqui mencionados e àqueles que de alguma forma colaboraram, os meus mais sinceros agradecimentos.

A Deus pelo amor incondicional, por me acompanhar e me proteger.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná – *campus* de Cascavel, em especial ao Programa de Pós-graduação em Conservação e Manejo de Recursos Naturais.

Ao professor Dr. Silvio César Sampaio, pela confiança, amizade, ensinamentos à minha formação pessoal e profissional.

Ao professor Dr. Pitágoras Augusto Piana pela imensa paciência e auxílio na compreensão das análises estatísticas.

A todos os Professores do programa por todos os conhecimentos transmitidos durante a realização das disciplinas. Em especial à professora Norma Catarina Bueno.

Aos professores e técnicos do Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (RHESA). Em especial ao meu grande amigo Edison Barbosa da Cunha e à Fabíola, pelos ensinamentos nas questões laboratoriais, mas também pelos seus conselhos. Nunca esquecerei o nosso trio e apoio de vocês.

Agradeço aos funcionários da UNIOESTE, em especial às secretárias Antônia, Márcia e Zely, aos motoristas e ao seu Círio por ser sempre prestativo durante o experimento em campo.

À minha grande amiga Priscila Grutzmacher, minha irmã mais velha que me guiou na fase mais difícil, pelos momentos de intensa amizade e alegria.

Ao meu amigo Fabio, pelos dias engraçado em campo, e por tanto me ajudar.

Aos bolsistas de iniciação, Márcio e Tábata, pela disposição e auxílio na condução do experimento.

Às companheiras do RHESA, Adri Meneghetti, Adri Smanhotto, Carla, Denise, Ana Paula, Natassia, Adri, Shaiane, Nathi, Lari aos meninos, Leocir, Douglas, Wagner, Beltrão, Laranjeira, Jian, Jony, Ruffus, Guarapa, Adir, Marcelo, Carlão, Dércio, Gustavo por todos os momentos de trocas científicas, risadas, cálculos, excel, estatística, dias em campo, enfim, muito obrigada.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico e de Pesquisa – CNPq, pela concessão da bolsa de estudos e fomento do projeto.

E agora às pessoas que não estiram propriamente envolvidas no trabalho, mas sempre me apoiaram sendo igualmente fundamentais.

Aos meus pais, os maiores amores da minha vida, a minha irmã Maiara, que desde criança me incentivou a estudar, sendo a minha primeira referência.

Ao meu namorado e grande amigo Diogo, por me ouvir com tanta paciência, me apoiando com muito carinho e incentivo. Agradeço também pelas inúmeras vezes que auxiliou na organização dos gráficos, lindo, sempre com muita disposição. Amo você!

Às minhas grandes amigas de moradia e mais que isso de tanto companheirismo, Darlene, Vanessa (o anjo da minha vida) e Grasi, por aguentarem os dias de crise, por me ouvirem e sempre compreenderem.

Às amigas e amigos de jornada acadêmica, Day, Victor, Ana, Tisse, Cami, Marilesia, Andrei em especial a Marina que me salvou na matrícula, e a Nay. Jamais esquecerei aquela tarde em que sentamos juntas e você organizou a minha "vida".

Por fim a todos que contribuíram, obrigada!

SUMÁRIO

1) RESUMO.....	8
2) INTRODUÇÃO	8
3) MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3.1. ÁREA EXPERIMENTAL.....	10
3.2. TRATAMENTOS E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	11
3.3. PARÂMETROS AVALIADOS	13
3.3.1. Solo.....	13
3.3.2. Lixiviado	14
3.3.3. Planta.....	14
3.4. ANÁLISES MULTIVARIADAS	14
4) RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
4.1. SOJA (12° CULTIVO).....	17
4.2. MILHO (13° CULTIVO)	19
4.3. AVEIA (14° CULTIVO).....	21
4.4. ANÁLISE PERMUTACIONAL DE VARIÂNCIA MULTIVARIADA (PERMANOVA).....	24
4.5. ANÁLISE DE AGRUPAMENTO (CLUSTER).....	25
5) CONCLUSÃO	27
6) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27
7) ANEXOS	40

USO A LONGO PRAZO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE EM TRÊS CULTIVOS AGRÍCOLAS: ABORDAGEM MULTIVARIADA

1) RESUMO

A água residuária da suinocultura fornece nutrientes para as culturas agrícolas, diminuindo os custos de produção. Assim, o objetivo foi encontrar qual a dose de água residuária da suinocultura mais apropriada, ambientalmente e agronomicamente para fertilizar culturas de importância econômica mundial: soja, milho e aveia. O experimento foi conduzido em esquema fatorial (4x2) com três repetições totalizando vinte e quatro lisímetros de drenagem, nos quais foram aplicados água residuária nas doses de 0, 100, 200 e 300 m³ ha⁻¹ na ausência ou presença de adubação mineral. Foram usadas técnicas estatísticas multivariadas (PCA, PERMANOVA e CLUSTER), avaliando a longo prazo e simultaneamente o sistema, solo-água-plantas. As doses mais recomendadas são: para a cultura da soja a de 100 m³ ha⁻¹ isolada da adubação mineral. Para as culturas de milho e aveia a dose de 100 m³ ha⁻¹ associada com a adubação mineral.

2) INTRODUÇÃO

A escassez de água doce e potável requer alternativas para minimizar o uso desse recurso natural. Na agricultura, o uso de águas residuárias beneficia a cultura pelo provimento hídrico e fornece nutrientes requeridos pelos vegetais (Haynes and Naidu, 1998; Coronado et al., 2010; Pedrero et al., 2010; Segal et al., 2011).

A suinocultura modernizou-se visando atender a demanda por proteína animal, e o novo modelo de sistema produtivo, aponta para o confinamento dos animais, sendo gerado volume de águas residuárias bem significativo em áreas restritas, resultando em problemas ambientais (Kunz et al., 2009).

Assim, aliar as duas cadeias produtivas: agricultura e pecuária é interessante, pois, o resíduo gerado na segunda pode ser utilizado com insumo na primeira, atenuando problemas de caráter ambiental e econômico (Delgado, 1999; Carvalho et al., 2010). A água residuária da suinocultura por fornecer nutrientes para as culturas

32 agrícolas, (Moral et al., 2005) diminui os custos de produção o uso dos recursos
33 naturais, além de reduzir o lançamento de efluentes nos corpos hídricos.

34 Nesse contexto, estudos investigam a influência do uso de efluentes da
35 suinocultura sobre as propriedades dos solos (Dal Bosco et al., 2008; Caovilla et al.,
36 2010) os efeitos nas culturas (Sampaio et al., 2010 a), a potencialidade de poluição
37 difusa por lixiviação (Caovilla et al., 2005; Anami et al., 2008; Sampaio et al., 2010 b;
38 Smanhotto et al., 2010; Maggi et al., 2011) e escoamento superficial (Doblinski et al.,
39 2010; Cosmann et al., 2012) e a interação com poluentes orgânicos persistentes (Dal
40 Bosco et al., 2012; Gonçalves et al., 2012).

41 A partir dos riscos agronômicos, ambientais e de saúde pública do reuso de água
42 residuária na agricultura, é necessário estabelecer critérios de aplicação associados ao
43 tipo de cultura, doses, épocas e formas de distribuição do dejetos diante do tipo de solo,
44 topografia e variações de regime pluviométrico (Sánchez and González, 2005; Evanylo
45 et al., 2008;).

46 Além disso, seu uso requer o entendimento simultâneo do sistema complexo nos
47 compartimentos solo-água-plantas, avaliado a longo-prazo. Os estudos a longo prazo
48 limitam-se a observações em áreas de plantio e não em áreas experimentais (Yang et al.,
49 2006; Plaza et al., 2006), e somente, englobam a interação solo-água, (Bakhsh, 2005),
50 solo-plantas (Cela et al., 2010) ou água-plantas (Bergstrom and Kirchmann, 2006).

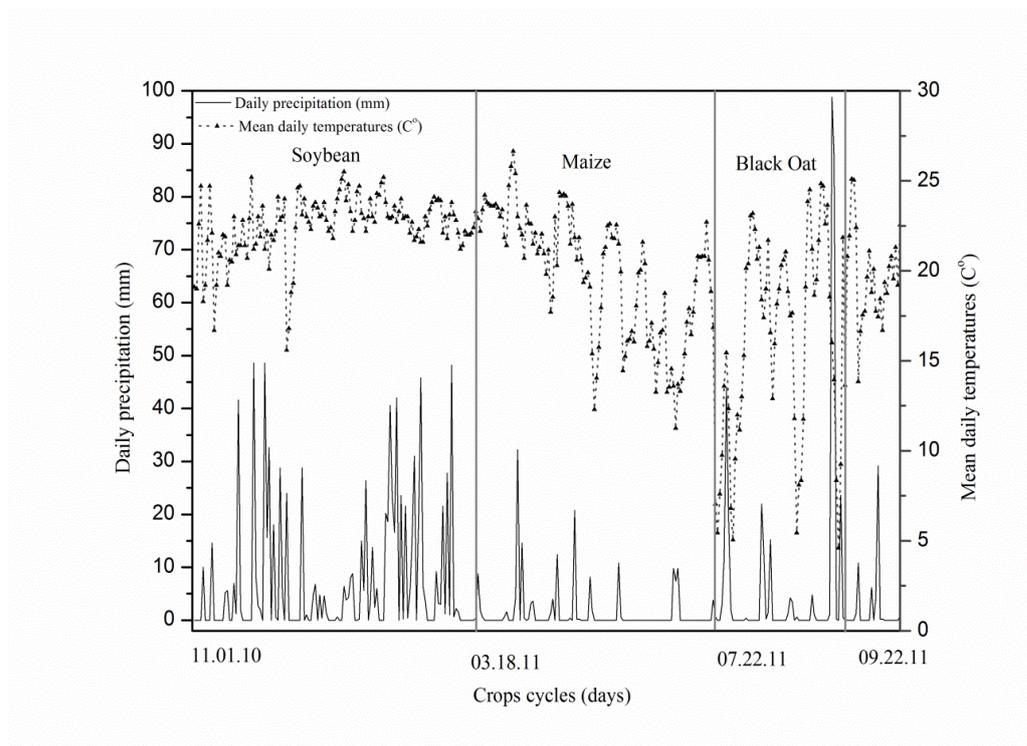
51 Dessa forma, a hipótese é que o reuso de água residuária da suinocultura no solo
52 pode complementar ou substituir a adição de fertilizantes minerais. Logo, o objetivo
53 deste trabalho foi encontrar a dose de água residuária da suinocultura mais apropriada
54 ambientalmente e agronomicamente para fertilizar culturas que são mundialmente de

55 importância econômica. Para tanto, foram usadas técnicas estatísticas multivariadas,
 56 avaliando a longo prazo e simultaneamente o sistema, solo-água-planta.

57 3) MATERIAL E MÉTODOS

58 3.1. Área experimental

59 Está localizada nas coordenadas geográficas: 24° 54' 02"S e 53° 32' 00" W, com
 60 altitude média de 680 metros. O clima é do tipo subtropical mesotérmico superúmido,
 61 com precipitação média anual de 1800 mm, e temperatura média de 20° C e umidade
 62 relativa do ar média de 75% (IAPAR, 1998). As médias de precipitação e temperaturas
 63 durante o experimento podem ser observadas na Figura 1. O solo da área experimental é
 64 classificado como Rhodic Hapludox (Soil Survey Staff, 2010).



65

66 Fonte: SIMEPAR (2012)

67 **Figura 1** - Distribuição diária das lâminas precipitadas e temperaturas médias durante a
 68 condução do experimento.

69 A área experimental é composta por 24 lisímetros de drenagem, cada lisímetro
70 representa uma parcela experimental, possui 1 m³ de volume e 1,60 m² de área
71 superficial.

72 O primeiro experimento conduzido na área foi em 2006 com os cultivos de
73 milho (*Zea mays* L.) (1º), e soja (*Glycine max* (L.) Merrill) (2º); em 2007 aveia preta
74 (*Avena strigosa* Schreb.) (3º) e soja (4º); em 2008 com aveia preta (5º) e minimilho (6º);
75 em 2009 com milho (7º), aveia preta (8º) e soja (9º); e em 2010 milho (10º) e aveia preta
76 (11º). O trabalho aborda os cultivos de soja (12º), milho (13º), e aveia preta (14º), nos
77 anos de 2010 e 2011.

78 **3.2. Tratamentos e condução do experimento**

79 Os tratamentos visaram estudar a ausência (A) e presença (P) de fertilizantes
80 minerais (FM) combinada com quatro doses de água residuária da suinocultura (SWW):
81 0, 100, 200 e 300 m³ ha⁻¹, totalizando oito tratamentos: (T1) 0 SWW-A, controle
82 ambiental; (T2) 0 SWW-P, controle agrônomico; (T3) 100 SWW-A; (T4) 100 SWW-P;
83 (T5) 200 SWW-A; (T6) 200 SWW-P; (T7) 300 SWW-A; (T8) 300 SWW-P. A presença
84 de FM significa a adubação química convencional recomendada agronomicamente para
85 cada cultura.

86 Em cada ciclo de cultivo a SWW foi coletada na saída do biodigestor (Tabela 1).
87 Antes da semeadura de cada cultura foi aplicada a SWW nas parcelas experimentais de
88 acordo com os tratamentos. As três culturas foram cultivadas em sistema de plantio
89 direto. Na Tabela 2 estão expressos os totais de nutrientes aplicados, via SWW e FM
90 nos cultivos anteriores e neste estudo.

91 **Table 1.** Swine wastewater characteristics

Parameter (mg L ⁻¹)	SWW ₁	SWW ₂	SWW ₃
pH*	7.62	7.61	7.41
CE**	1816.00	1010.00	1681.00
TC	1331.00	822.20	1837.25
TIC	645.90	381.10	795.75
TOC	684.80	441.10	1077.50
TN	481.70	351.10	975.75
NO ₃	103.75	53.75	192.50
NO ₂	50.00	25.00	75.00
P	22.06	13.87	68.83
K ⁺	8.95	19.64	534.70
Ca ⁺²	52.87	57.16	60.30
Mg ⁺²	67.70	69.93	31.70
Na ⁺²	36.70	35.40	143.00
Cu ⁺²	1.86	1.80	0.90
Zn ⁺²	10.22	11.30	3.56
Fe ⁺²	8.95	19.64	3.49
Mn ⁺²	2.68	2.83	0.33
TS	3498.30	2359.10	4144.60
TFS	1310.80	837.50	1769.30
TVS	2187.50	1521.60	2375.30

92 Protocol APHA AWWA and WEF (1998). * Dimensionless; ** CE: Electrical conductivity ($\mu\text{S cm}^{-1}$); SWW₁: Swine wastewater
 93 used in soybean; SWW₂: Swine wastewater used in maize; SWW₃: Swine wastewater used in black oat TC: Total carbon; TIC:
 94 Total inorganic carbon; TOC: Total organic carbon; TN: Total nitrogen; NO₃⁻: Nitrate; NO₂⁻: Nitrite; P: Phosphorus; K⁺:
 95 Potassium; Ca⁺²: Calcium; Mg⁺²: Magnesium⁺²; Na⁺²: Sodium; Cu⁺²: Copper; Zn⁺²: Zinc; Fe⁺²: Iron; Mn⁺²: Manganese; TS: Total
 96 solids; TFS: Total fixed solids; TVS: Total volatile solids.

97

98 No plantio da soja utilizou-se a cultivar CD 208 COODETEC com ciclo semi -
 99 precoce de 131 dias, densidade de 20 sementes por metro linear, com espaçamento entre
 100 linhas de 45 cm. Aplicou-se 250 kg ha⁻¹ do FM da formulação 0:20:20 (N-P-K) na
 101 semeadura. Para o milho, foram semeadas 7 sementes/ parcela do híbrido CD 308
 102 COODETEC que apresentou ciclo precoce. Aplicou-se 350 kg ha⁻¹ do FM cuja fórmula
 103 120:80:9 (N-P-K) parcelada em 40% na semeadura e 60% em cobertura. Na aveia
 104 IAPAR 61, semeada a lanço, a densidade foi de 80 kg ha⁻¹. Aplicou-se 50 kg ha⁻¹ de
 105 uréia, aos 30 dias após a semeadura (SBSC, 2004).

106 **Table 2.** History of nutrients applied in (kg ha^{-1}) in the experimental area at five
 107 consecutive years of mineral fertilization and swine wastewater, per treatment, in the
 108 eleven previous cultivation and soybean (12th), maize (13th) and black oat (14th)

Treatment	N	P	K ⁺	N	P	K ⁺
Total nutrients FM in the previous cultivation			Total nutrients via SWW in the previous cultivation			
Soybean 12th cycle						
(T1) 0 SWW-A	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
(T2) 0 SWW-P	407.5 (0.0)	430 (50)	365 (50)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
(T3) 100 SWW-A	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	726 (48)	142 (2.2)	403 (0.9)
(T4) 100 SWW-P	407 (0.0)	430 (50)	365 (50)	719 (48)	142 (2.2)	403 (0.9)
(T5) 200 SWW-A	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	1465 (96)	284 (4.4)	805 (1.8)
(T6) 200 SWW-P	407 (0.0)	430 (50)	365 (50)	1458 (96)	284 (4.4)	805 (1.8)
(T7) 300 SWW-A	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	1607 (144)	426 (6.6)	1208 (2.7)
(T8) 300 SWW-P	407 (0.0)	430 (50)	365 (50)	2199 (144)	426 (6.6)	1208 (2.7)
Maize 13th cycle						
(T1) 0 SWW-A	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
(T2) 0 SWW-P	407 (120)	480 (80)	415 (90)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
(T3) 100 SWW-A	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	775 (35)	145 (1.4)	404 (2.0)
(T4) 100 SWW-P	407 (120)	480 (80)	415 (90)	767 (35)	145 (1.4)	404 (2.0)
(T5) 200 SWW-A	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	1562 (70)	289 (2.8)	807 (4.0)
(T6) 200 SWW-P	407 (120)	480 (80)	415 (90)	1554 (70)	289 (2.8)	807 (4.0)
(T7) 300 SWW-A	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	1752 (105)	433 (4.2)	1211 (6.0)
(T8) 300 SWW-P	407 (120)	480 (80)	415 (90)	2344 (105)	433 (4.2)	1211 (6.0)
Black Oat 14th cycle						
(T1) 0 SWW-A	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
(T2) 0 SWW-P	527.5 (50)	560 (0.0)	505 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
(T3) 100 SWW-A	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	810 (98)	146 (7.0)	404 (54)
(T4) 100 SWW-P	527.5 (50)	560 (0.0)	505 (0.0)	802 (98)	146 (7.0)	404 (54)
(T5) 200 SWW-A	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	1632 (195)	292 (14)	811 (108)
(T6) 200 SWW-P	527.5 (50)	560 (0.0)	505 (0.0)	1625 (195)	292 (14)	811 (108)
(T7) 300 SWW-A	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	1857 (293)	437 (21)	2217 (160)
(T8) 300 SWW-P	527.5 (50)	560 (0.0)	505 (0.0)	2449 (293)	437 (21)	2217 (160)

109 FM: Mineral Fertilization; SWW: Swine Wastewater; Treatments: (T1) 0 SWW-A: 0 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ of swine wastewater and without
 110 mineral fertilization; (T2) 0 SWW-P: 0 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ of swine wastewater and mineral fertilization ; (T3) 100SWW-A: 100 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ of
 111 swine wastewater and without mineral fertilization; (T4) 100SWW-P: 100 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ of swine wastewater and mineral fertilization;
 112 (T5) 200SWW-A: 200 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ of swine wastewater and without mineral fertilization; (T6) 200SWW-P: 200 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ of swine
 113 wastewater and mineral fertilization; (T7) 300SWW-A: 300 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ of swine wastewater and without mineral fertilization; (T8)
 114 300SWW-P: 300 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ of swine wastewater and mineral fertilization; N: Nitrogen; P: Phosphorus; K⁺: Potassium; Values in
 115 parentheses represent: Total nutrients through FM in the current cultivation and Total nutrients through SWW in the current
 116 cultivation.

117 3.3. Parâmetros avaliados

118 3.3.1. Solo

119 No final de cada cultivo foram feitas as coletas de solo nas 24 parcelas
 120 experimentais, na profundidade de 0-20 cm, totalizando 72 amostras. Determino-se: pH,
 121 matéria orgânica (OM), fósforo (P), potássio (K⁺), cálcio (Ca⁺²), magnésio (Mg⁺²),
 122 capacidade de troca de cátions (CEC), cobre (Cu⁺²), zinco (Zn⁺²), sódio (Na⁺²), ferro

123 (Fe^{+2}), manganês (Mn^{+2}), condutividade elétrica (CE), nitrogênio total (TN), nitrogênio
124 inorgânico (Inorg.N), nitrogênio orgânico (Org.N), nitrato + nitrito ($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$),
125 amônio (N-NH_4), soma de bases (SB) (Raij et al. 2001).

126 **3.3.2. Lixiviado**

127 O lixiviado foi coletado ao final de cada ciclo após a última precipitação. Nas 72
128 amostras foram determinados: pH, CE, TN, NO_3^- , NO_2^- , carbono total (TC), carbono
129 inorgânico total (TIC), carbono orgânico total (TOC), fósforo total (TP), Ca^{+2} , Mg^{+2} ,
130 Na^{+2} , K^+ , Mn^{+2} , Cu^{+2} e Zn^{+2} (APHA, AWWA and WEF, 1998).

131 **3.3.3. Planta**

132 Nas folhas da soja, milho e aveia foram determinadas as concentrações de N, P,
133 K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Cu^{+2} , Zn^{+2} , Mn^{+2} , Fe^{+2} (Tedesco et al., 1995).

134 Na soja, as folhas foram coletadas recém-maduras, com pecíolo, correspondente
135 às 3ª e 4ª folhas trifolioladas a partir da haste principal, no período que compreende o
136 início da floração (Sfredo, 2000). O milho, após o aparecimento da inflorescência
137 feminina, estágio R1, foram coletadas as folhas localizadas opostas e abaixo da primeira
138 espiga (Magalhães and Durães, 2006). Para a amostragem da aveia utilizou-se um
139 quadrado com área $0,25 \text{ m}^2$, que foi colocado aleatoriamente em cada parcela, sendo
140 coletadas todas as plantas no interior do quadrado.

141

142 **3.4. Análises Multivariadas**

143 O delineamento experimental foi em esquema fatorial (4x2): 4 níveis de SWW e 2
144 de FM com três repetições. O conjunto de variáveis de caracterização do solo, lixiviado
145 e planta, foram simultaneamente sumarizadas em uma única análise de componentes

146 principais (PCA) utilizando o *software* PC-ORD 4.0 (McCune and Mefford,1999) para
147 cada ciclo de cultivo. Essa redução é feita transformando-se o conjunto de variáveis
148 originais em um novo conjunto variáveis (componentes principais - PCs), o qual
149 mantém, ao máximo, a variabilidade do conjunto original. A PCA foi realizada sobre a
150 matriz de correlação (Pearson) das variáveis e o critério de retenção de PCs adotado foi
151 o de “broken-stick”, ou seja, com autovalores maiores que os esperados ao acaso
152 (Jackson, 1993). A fim de interpretar o significado do PCs retidos das variáveis
153 originais, apenas os coeficientes de correlação de Pearson maiores de 70% foram
154 considerados (Jolliffe, 1986).

155 Posteriormente, os efeitos dos fatores manipulados no experimento (SWW e FM)
156 foram avaliados por meio da análise permutacional de variância multivariada –
157 PERMANOVA, bifatorial, com uso de 499 permutações e utilização da medida
158 Euclidiana de distância, ao nível de 5% de significância. A PERMANOVA é
159 correspondente não paramétrica da MANOVA, com o diferencial de que o valor de p é
160 calculado com base num processo de permutação dos resultados entre os tratamentos
161 (Anderson, 2001).

162 Visando identificar quais tratamentos se aproximaram mais das condições de
163 controle ambiental (T1: OSWW-A) e de controle agrônômico (T2: OSWW-P) foram
164 obtidos os centroides (escores médios) dos componentes principais para os tratamentos
165 e então, realizada a análise de agrupamento (CLUSTER) com uso da medida Euclidiana
166 de distância e emprego do método de ligação UPGMA (Unweighted Pair Group Method
167 with Arithmetic Average) (McCune and Grace, 2002).

168 **4) RESULTADOS E DISCUSSÃO**

169

170 Nos três cultivos a análise de componentes principais resultou em 6 PCs de
 171 combinações lineares significativas, entretanto, na soja, o PC5 e PC6 não tiveram
 172 variáveis lineares correlacionadas, sendo avaliados 4PCs, que somaram 60,32% da
 173 variação. No milho e aveia somente o PC1 e PC2 tiveram variáveis lineares
 174 correlacionadas com um percentual de explicação de 58,95 e 60,73%, respectivamente
 175 (Tabela 3).

176 **Table 3.** Pearson correlations between the variables obtained from the soil, leaching and plant
 177 and principal component (PC) generated for soybeans, maize and black oat

Variables	Soybean				Maize				Black oat			
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC1	PC2	PC3	PC4	PC1	PC2	PC3	PC4
Soil												
K ⁺	0.76	-0.11	-0.09	-0.13	-0.74	-0.14	-0.04	0.18	-0.90	-0.05	-0.07	-0.02
P	0.19	-0.04	-0.15	-0.63	-0.69	0.22	-0.01	0.34	-0.48	-0.24	0.29	-0.25
Ca ⁺²	-0.29	-0.78	-0.13	0.05	0.05	0.58	0.06	0.38	0.19	-0.78	0.53	0.01
Mg ⁺²	-0.45	-0.71	-0.17	0.26	0.11	0.90	-0.16	0.03	0.38	-0.72	0.39	-0.02
SB	-0.30	-0.85	-0.19	0.09	-0.20	0.86	-0.01	0.31	0.09	-0.82	0.50	0.00
CEC	-0.06	-0.79	-0.09	-0.15	-0.45	0.39	-0.44	0.31	-0.35	-0.33	0.50	0.51
Na ⁺	0.32	0.14	-0.62	-0.28	-0.64	-0.11	-0.30	-0.33	-0.79	-0.22	-0.02	0.25
Zn ⁺²	0.44	-0.17	-0.38	-0.32	-0.60	0.10	-0.39	-0.28	-0.77	0.08	0.01	-0.06
InorgN	NA	NA	NA	NA	-0.53	-0.33	0.20	-0.37	-0.70	0.10	-0.04	-0.42
TN	NA	NA	NA	NA	-0.61	0.23	-0.24	-0.31	-0.62	0.36	0.21	0.03
NO ₂ +NO ₃	0.45	0.03	-0.46	-0.11	-0.47	-0.28	0.11	-0.44	-0.69	0.02	-0.16	-0.32
N-NH ₄	0.47	-0.13	0.39	-0.21	-0.23	-0.05	0.25	-0.59	-0.20	0.19	0.21	-0.28
OrgN	0.08	-0.02	-0.19	0.03	-0.58	0.24	-0.26	-0.30	-0.61	0.36	0.21	0.04
Fe ⁺²	0.53	0.24	0.36	-0.02	0.23	-0.63	0.12	0.26	-0.04	0.79	-0.08	0.04
Cu ⁺²	0.44	0.69	0.04	0.31	0.12	-0.85	-0.25	0.10	-0.51	0.65	-0.30	-0.12
Mn ⁺²	0.56	-0.06	0.46	-0.14	-0.50	-0.08	-0.48	-0.40	-0.07	0.13	0.58	0.10
OM	0.39	-0.56	0.08	-0.62	-0.34	0.43	-0.58	-0.13	-0.04	-0.05	0.65	0.28
pH	-0.68	-0.41	-0.14	0.35	0.43	0.72	0.26	0.13	0.38	-0.69	0.21	-0.17
EC	-0.31	-0.40	-0.55	-0.08	-0.41	0.01	0.58	0.10	-0.54	-0.62	0.00	-0.21
Leaching												
K ⁺	0.87	-0.22	0.07	0.15	0.00	-0.35	-0.02	0.11	-0.55	-0.20	0.25	-0.14
Mg ⁺²	0.81	-0.28	-0.09	0.05	0.36	0.33	-0.03	-0.44	-0.91	-0.06	0.18	0.18
TC	0.71	-0.45	0.09	0.01	-0.64	-0.23	-0.47	0.13	-0.07	0.39	0.42	-0.10
TIC	0.68	-0.39	0.23	0.24	-0.22	0.00	-0.64	-0.33	-0.04	0.36	0.54	-0.03
pH	0.17	-0.85	0.23	0.00	0.08	0.09	-0.69	0.55	-0.14	0.51	0.66	-0.05
NO ₃	0.66	-0.02	-0.29	0.44	-0.87	-0.03	0.29	-0.03	-0.84	-0.27	-0.29	0.26
Ca ⁺²	0.69	-0.23	-0.15	0.27	-0.87	-0.15	0.08	-0.07	-0.88	-0.09	0.12	0.04
TN	0.63	-0.05	-0.28	0.52	-0.88	-0.02	0.22	0.00	-0.89	-0.23	-0.26	0.15
EC	0.42	-0.33	-0.44	-0.16	-0.81	0.19	0.01	0.41	-0.91	-0.19	0.16	0.05
Na ⁺	0.65	-0.06	0.09	0.38	0.07	-0.48	-0.11	0.44	-0.86	-0.04	-0.24	0.19
TP	-0.56	0.14	-0.28	0.45	-0.18	0.22	-0.23	0.16	-0.39	0.17	0.31	0.49
TOC	0.50	-0.46	-0.26	0.34	-0.59	0.00	-0.17	0.48	-0.21	0.43	0.50	-0.07
NO ₂	0.67	-0.15	0.02	-0.12	-0.13	0.23	0.19	-0.52	-0.05	-0.24	0.16	0.56
Mn ⁺²	-0.34	-0.27	0.14	-0.53	ND	ND	ND	ND	-0.14	-0.52	-0.39	0.43
Cu ⁺²	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-0.02	0.41	0.16	-0.26
Zn ⁺²	ND	ND	ND	ND	-0.61	0.49	0.27	-0.02	-0.51	0.09	0.35	-0.07
Plant												
Ca ⁺²	-0.15	-0.32	0.87	0.02	0.09	0.01	0.25	0.12	0.18	-0.58	0.27	-0.37

Fe ⁺²	-0.06	-0.01	0.80	0.03	-0.02	-0.25	-0.50	0.29	-0.19	-0.07	0.25	0.23
Mg ⁺²	-0.18	-0.43	0.70	0.25	0.36	0.33	-0.03	-0.44	0.62	-0.06	0.14	0.23
K ⁺	0.21	0.46	-0.71	-0.05	-0.71	-0.35	-0.02	0.11	-0.71	-0.05	-0.17	-0.12
Zn ⁺²	0.37	-0.52	0.17	0.05	-0.53	0.02	0.04	-0.25	-0.11	0.44	-0.14	-0.08
Cu ⁺²	0.23	0.19	0.32	-0.05	-0.29	-0.18	0.35	0.23	-0.20	-0.40	0.07	-0.48
Mn ⁺²	0.27	0.52	0.27	0.38	-0.39	-0.39	0.42	0.42	-0.06	-0.07	0.43	-0.53
P	0.24	0.26	-0.01	-0.14	-0.63	-0.10	0.37	0.37	-0.39	-0.39	-0.05	-0.20
N	0.01	0.42	0.15	-0.13	-0.55	0.07	0.62	-0.21	-0.43	-0.54	-0.34	-0.34

178 NA: Not analyzed; ND: Not detected; P: Phosphorus; TP: Total Phosphorus; SB: Sum of bases; CEC: Cationic exchange capacity;
 179 Inorg.N: Inorganic; nitrogen N: nitrogen; N-NH₄: Ammonium. Org.N: Organic nitrogen; OM: Organic matter. Bold values:
 180 Cumulative variances over 70%.

181 4.1. Soja (12° Cultivo)

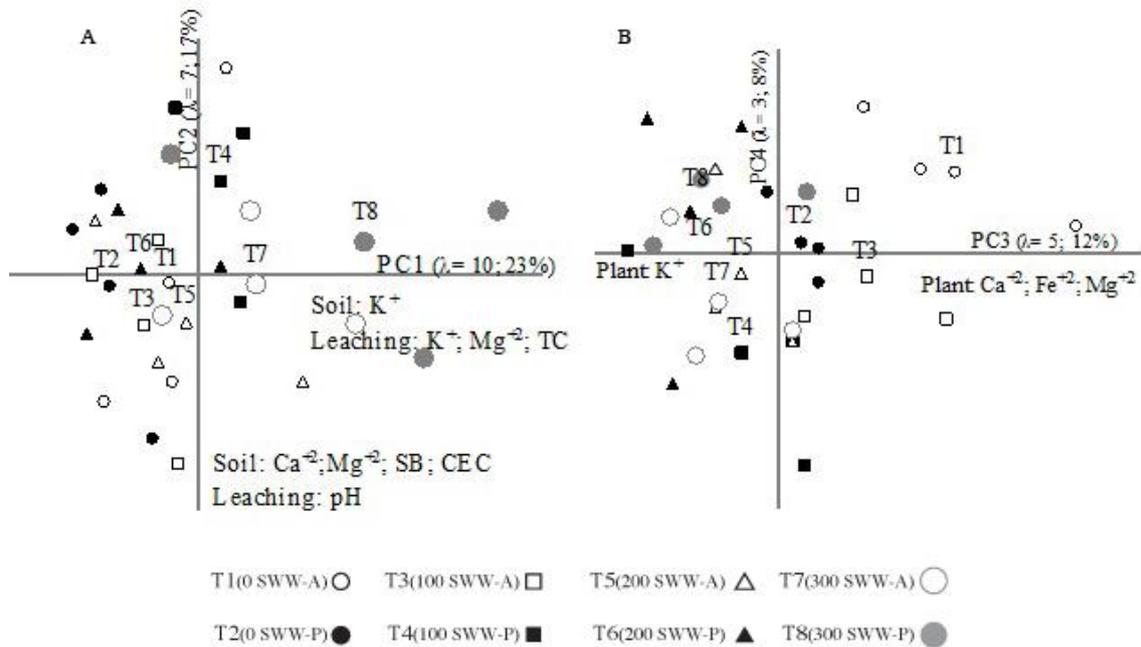
182 As variáveis de maior influência para o PC1 foram K⁺ no solo e K⁺, Mg⁺² e TC
 183 no lixiviado, sendo maiores em T8 e menores em T2 (Tabela 3), (Figura 2A). As
 184 maiores doses de SWW propiciaram o acúmulo de K⁺ no solo e lixiviado (Queiroz et
 185 al., 2004; Assmann et al., 2007). Apesar das cargas negativas do solo auxiliarem na
 186 retenção (Alcarde et al., 2000) observou-se deslocamento do K⁺ na lixiviação.
 187 Nutrientes minerais são altamente solúveis e podem ser absorvidos rapidamente pelas
 188 plantas e ou lixiviados com maior facilidade (Ronquim, 2010) (Figura 2A). Outra
 189 variável associada positivamente ao PC1 foi o Mg⁺², encontrado principalmente na
 190 fração sólida do dejetos suíno (Sánchez and González, 2005). Possivelmente sua
 191 lixiviação foi favorecida por uma menor CEC no solo como ocorreu em T4 e T8 (Raij,
 192 1991), (Figura 2A). O TC também esteve associado positivamente, sendo lixiviado em
 193 maiores concentrações proporcionalmente a quantidade de matéria orgânica adicionada
 194 via SWW, T8 (Figura 2A). Dejetos tratados anaerobiamente, como é o caso da SWW
 195 deste estudo, contêm maior proporção de compostos de C dissolvidos na solução do que
 196 dejetos crus ou que sofreram separação física das frações sólida e líquida (Fangueiro et
 197 al., 2007).

198 As variáveis de maior contribuição no PC2 foram, no solo Ca⁺², Mg⁺², SB, CEC,
 199 e no lixiviado o pH, com maiores valores em T3 e T5 e menores em T4 e T8 (Figura
 200 2A). A absorção de Ca⁺² e Mg⁺² na matriz do solo é explicada pela CEC, que até certo

201 ponto se eleva com a matéria orgânica introduzida via SWW, podendo representar até
202 80% do valor total desse acréscimo (Ronquim, 2010). Simultaneamente ao aumento da
203 CEC, ocorreu introdução e absorção de nutrientes essenciais como o Ca^{+2} , Mg^{+2} e K^{+} ,
204 com consequente aumento da SB (Malavolta et al., 1997).

205 O PC3 caracteriza-se por ser o PC da planta, pois somente as variáveis desse
206 compartimento contribuíram para a formação deste componente principal. O K^{+} esteve
207 associado negativamente ao PC3, e associados positivamente estiveram Ca^{+2} Fe^{+2} e
208 Mg^{+2} . Observa-se os menores valores de K^{+} em T1 e T3 e os maiores de Ca^{+2} Fe^{+2} e
209 Mg^{+2} nos mesmos tratamentos (Figura 2B). No solo em PC1, o K^{+} , esteve em menores
210 concentrações nos mesmos tratamentos (Figura 2A). Contudo, ainda que baixos, os
211 teores dos vegetais nesses tratamentos estiveram dentro do limite de suficiência
212 nutricional 17 a 25 g kg^{-1} (Sfredo, 2001). A fácil transferência do K^{+} na planta é devido
213 a sua alta mobilidade no sistema água-solo-planta (Bertol et al., 2010). As variáveis
214 associadas positivamente ao PC3 (Ca^{+2} , Mg^{+2} e Fe^{+2}) indicam que esses nutrientes
215 foram absorvidos pela planta proporcionalmente à concentração encontrada no solo em
216 PC2 (Figura 2A). Para tanto, basta observar o comportamento de T3 em PC2 no solo e
217 na planta (Figura 2A 2B). Nas maiores doses de aplicação o T8 em PC3, ocorreu
218 redução dos teores de Ca^{+2} nas folhas (Figura 2B), comportamento associado à alta
219 disponibilidade de K^{+} em PC1 no solo (Figura 2A). O K^{+} é absorvido em maiores
220 quantidades que o Ca^{+2} (Vilela and Büll, 1999). Esse efeito antagônico entre K^{+} e Ca^{+2} ,
221 é resultado de competição na solução do solo (Soares et al., 1983).

222 Portanto, a SWW após sucessivas aplicações teve efeito residual e foi
223 semelhante à fertilização mineral na cultura da soja, visto que, não se constatou
224 deficiência ou toxicidade nutricional nos tratamentos nas variáveis associadas ao PC3.



225

226

227 **Figure 2.** Scores obtained of PC1xPC2 (Figure A) and PC3xPC4 (Figure B), codes of
 228 treatments on the centroid of the group for twenty-four experimental units (8 treatments and 3
 229 replicates) in the cycle of the soybean. Eigenvalues (λ) percentage of explanation, and
 associated variables to PCs are also provided.

230 4.2. Milho (13° Cultivo)

231

232

233

234

235

236

237

238

239

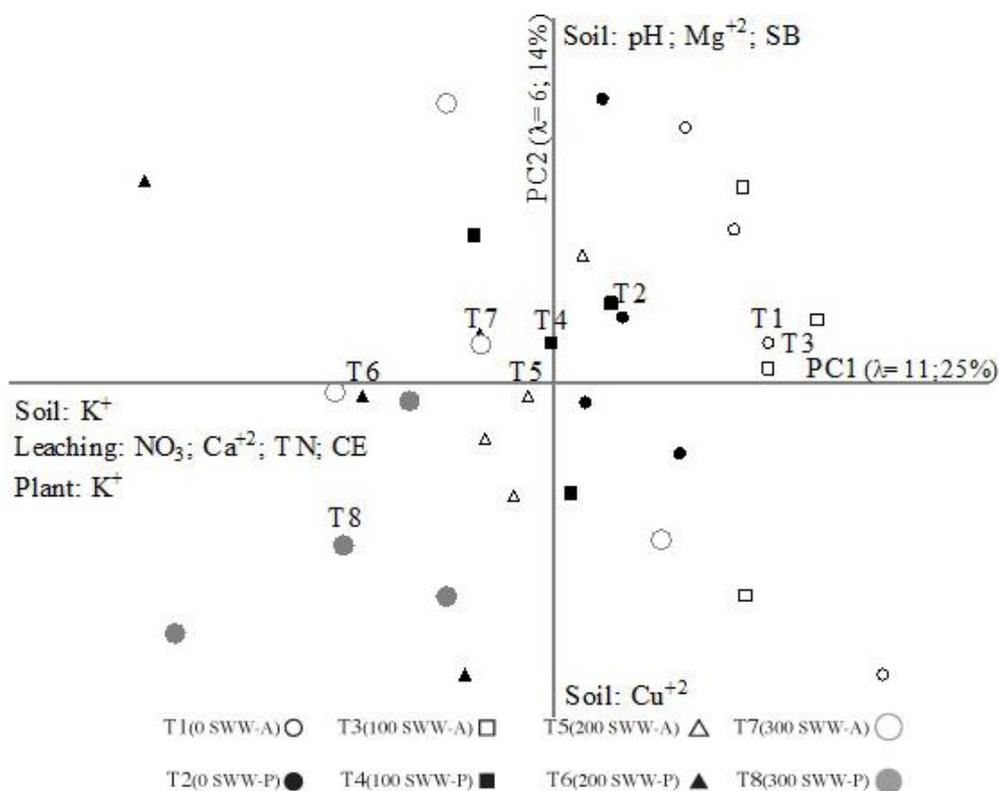
240

241

242

No cultivo do milho a maior variabilidade na matriz de correlação foi com K^+ no solo e no lixiviado com NO_3^- , Ca^{+2} ; NT e CE que constituíram o PC1, sendo os maiores valores em T6 e T8 e os menores em T1 e T3 (Figura 3). No solo, os teores de K^+ apresentaram comportamento crescente em função da dose de SWW. Quando o milho é fertilizado com dejetos suínos, complementado com adubação mineral de P e K^+ , geralmente excede-se a necessidade da cultura e ocorre a acumulação no solo (Cela et al., 2010). No lixiviado, as maiores doses de SWW, propiciaram as maiores concentrações de formas nitrogenadas no T6 e T8 (Figura 3). A quantidade, como o nitrogênio é liberado no ambiente, depende da sua origem, forma e tempo de aplicação (Heathwaite and Johnes, 1996; Harmel et al., 2009; Diaz et al., 2010). Portanto, há uma preocupação ambiental por estar diretamente ligado à eutrofização (USEPA, 2006). Estudos destacaram a importância ambiental e agrônômica de avaliar o ciclo do

243 nitrogênio e, logo, as respectivas formas desse elemento quando se introduz águas
 244 residuárias em cultivos agrícolas (Scott et al., 1998; Currie et al., 2003; Aita et al., 2006;
 245 Sampaio et al., 2010a). A associação de maiores doses de SWW com maiores
 246 concentrações de NO_3 no lixiviado é comumente relatada, por Bakhsh et al. (2005),
 247 Smith et al. (2007), Fey et al. (2010), Sampaio et al. (2010a), Sampaio et al. (2010b).
 248 Corroborando com essa literatura, nesse estudo, apenas T1 e T3 não excederam o nível
 249 de nitrato permitido de 10mg L para água de abastecimento (USEPA, 2012). Em T1 e
 250 T3 também não foram constatados os maiores valores de lixiviação de sais totais,
 251 representada pela EC (Figura 3).



252

253 **Figure 3.** Scores obtained of PC1xPC2, codes of treatments on the centroid of the group for
 254 twenty-four experimental units (8 treatments and 3 replicates) in the cycle of the maize.
 255 Eigenvalues (λ) percentage of explanation, and associated variables to PCs are also provided.
 256

257

Nos tratamentos fertilizados com as maiores doses de SWW e na presença de

258

FM, T6 e T8, além dos altos valores de NT, NO_3 e CE, foi verificado o deslocamento de

259 Ca^{+2} da fase sólida para a fase líquida no solo, culminando em sua lixiviação (Figura 3).
260 Certos ânions, como o NO_3 , associam-se a bases no solo sendo capazes de aumentar a
261 mobilidade desses elementos (Gebrim et al., 2008). Na planta, o K^+ , esteve em maiores
262 concentrações nas maiores doses de SWW combinadas com FM, T8 e T6, (Figura 3).
263 Em T1 e T3 foram encontrados os menores teores de K^+ , abaixo do recomendado na
264 cultura do milho (Büll, 1993). Para o milho, o N proporciona maiores acréscimos de
265 produtividade, mas sem o aumento correspondente de K^+ , pode resultar em relações
266 $\text{N}:\text{K}^+$ inadequadas, ou seja, a ausência e menor adubação nitrogenada provavelmente
267 resultou em menores respostas à adubação potássica nas plantas de T1 e T3 (Büll,
268 1994). O K^+ participa da síntese de proteínas, e da ativação de cerca de 60 sistemas
269 enzimáticos (Malavolta et al., 1997). Portanto, a complementação com FM para o milho
270 é necessária quando a dose de dejetos suíno não é abaixo de $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Cela et al.,
271 2010).

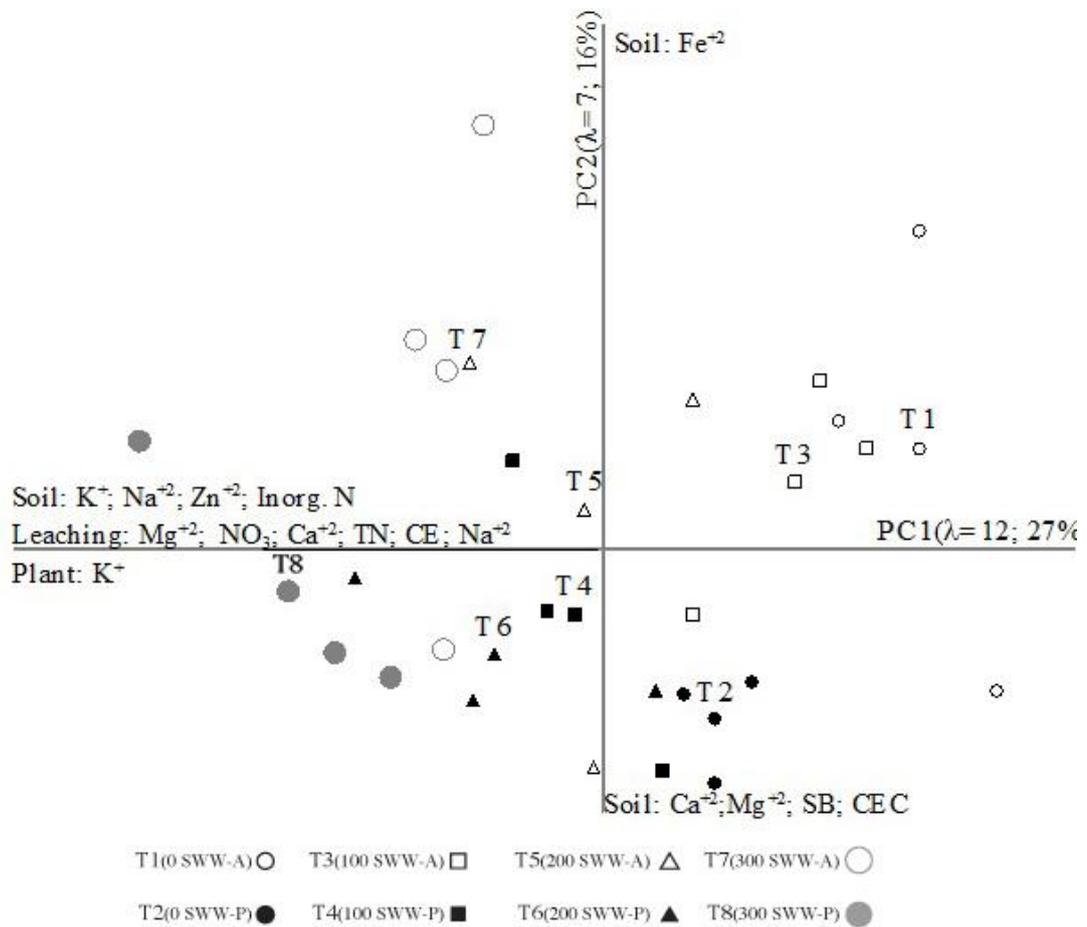
272 O PC2 foi formado pelas variáveis no solo, positivamente com pH, Mg^{+2} e SB, e
273 negativamente pelo Cu^{+2} . Os valores de pH, Mg^{+2} e SB foram maiores em T1, T2, T3,
274 ao contrário de T8 onde foram evidenciados os menores valores (Figura 3).
275 Inversamente, a concentração do Cu^{+2} foi maior em T8, e menor para os demais.
276 Portanto, percebe-se que a adição de dejetos suíno proporciona aumento nos teores de
277 Cu^{+2} no solo (Azeez et al., 2009; Moral et al., 2008). Embora o Cu^{+2} possa ser
278 absorvido e concentrado nos sistemas radiculares, ele não é transportado em altas
279 concentrações para a parte aérea das plantas (Mancuso and Santos, 2003).

280 **4.3. Aveia (14º Cultivo)**

281 As variáveis associadas ao PC1 no solo foram o K^+ , Na^{+2} , Zn^{+2} Inorg.N, no
282 lixiviado Mg^{+2} , NO_3 , Ca^{+2} , TN, CE e Na^{2+} , e na planta o K^+ , sendo os maiores valores

283 em T8 e os menores valores em T1 e T3 (Figura 4). O acréscimo de K^+ e Na^{+2} no solo é
284 associado às aplicações sucessivas de SWW e FM, ocorrendo saturação dos sítios de
285 adsorção, favorecido pelas cargas elétricas negativas de superfície nas partículas
286 minerais e orgânicas, resultando em aumento da sua disponibilidade na solução do solo
287 (Bertol et al. 2010). Além da toxicidade de Na^{+2} em plantas, a presença no solo pode
288 dispersar argilas, desestruturar os solos, tornando-os impermeáveis (Moral et al., 2008).
289 Também no solo, é importante destacar que, os maiores valores de Zn^{+2} foram
290 encontrados nas maiores doses de SWW e FM (T8 e T6) (Figura 4). Altas doses de Zn^{+2}
291 provocam desordem nutricional na aveia preta, e em outras poaceae confere a redução
292 da área foliar (Abranches et al., 2009). A presença do Inorg.N no solo é resultante dos
293 processos de mineralização da matéria orgânica atuando em sentido favorável, e da
294 imobilização atuando em sentido desfavorável (Figura 4). A assimilação do N controla
295 o crescimento e desenvolvimento das plantas e tem efeitos sobre a fitomassa e a
296 produtividade final das culturas (Salisbury, 1992). No lixiviado os maiores valores de
297 NT, NO_3 , Na^{+2} , Ca^{+2} , Mg^{+2} e CE também foram encontrados nos tratamentos com as
298 maiores doses SWW na presença de FM (T8 e T6) e na maior dose na ausência de FM
299 (T7). De modo geral, os tratamentos que não receberam FM (T1, T3 e T5) apresentaram
300 menores valores de concentrações desses elementos (NT, NO_3 , Na^{+2} , Ca^{+2} , Mg^{+2} e CE)
301 quando comparados aos demais (Figura 4). Essa diferenciação pode ser atribuída à
302 presença da FM, tratamentos sobre esse efeito estiveram próximos (Figura 4). Este fato
303 reforça o ocorrido no cultivo da soja (Figura 2A), quando a introdução de nutrientes via
304 FM propiciou maior lixiviação devido a maior solubilidade (Ronquim, 2010). Na
305 planta, os tratamentos que não estavam associados à presença de FM (T1 e T3)
306 proporcionaram menores teores de K^+ nas folhas (Figura 4). Apesar da concentração ser

307 menor, em T5 e T7 os teores desse elemento estiveram no limite de suficiência
 308 nutricional (Camargo et al., 1996).



309

310 **Figure 4.** Scores obtained of PC1xPC2, codes of treatments on the centroid of the group for
 311 twenty-four experimental units (8 treatments and 3 replicates) in the cycle of the black oat.
 312 Eigenvalues (λ) percentage of explanation, and associated variables to PCs are also provided.

313

314 No PC2 estiveram associados negativamente os cátions no solo (Ca^{+2} , Mg^{+2} SB
 315 e CEC) foram agrupados na presença e na ausência de FM, para as maiores e menores
 316 concentrações respectivamente. No mesmo componente o Fe^{+2} esteve associado
 317 positivamente, com os maiores valores nos tratamentos que não receberam FM. Dessa
 318 forma, os maiores valores de Na^{+2} evidenciados nos tratamentos na presença de FM (T6
 319 e T8) no PC1 foram acompanhados pela elevação de Ca^{+2} , Mg^{+2} nos mesmos
 320 tratamentos e ainda em T2 e T4 (PC2). As proporções equilibradas desses nutrientes no

321 solo são necessárias para o sucesso da disposição de resíduos em solos argilosos,
 322 evitando comportamentos de “ inchamento” com consequente impermeabilização
 323 (Mancuso and Santos, 2003).

324

325 **4.4. Análise permutacional de variância multivariada (PERMANOVA)**

326 Verifica-se que as composições do solo, do lixiviado e da planta, apresentaram
 327 no plantio da soja influência do fator SWW. No cultivo do milho e aveia preta os fatores
 328 significativos foram a SWW e FM. Os resultados da PERMANOVA indicam, na
 329 análise de componentes principais (Figuras 2, 3 e 4), o efeito mais claro do fator FM na
 330 cultura da aveia (Figura 4).

331 **Table 4. Permutational multivariate analysis of variance - PERMANOVA**

Cycles	Soybean			Maize			Black Oat		
	F	<i>p-value</i>	R ² (%)	F	<i>p-value</i>	R ² (%)	F	<i>p-value</i>	R ² (%)
Treatment									
SWW	2.5756	0.0080*	27.17	3.1078	0.0014*	28.46	3.8783	0.0010*	34.00
FM	1.6803	0.1658	5.80	5.9851	0.0004*	18.27	5.7993	0.0004*	16.93
SWW _x FM	1.0076	0.4604	10.63	0.4819	0.9240	4.41	0.2733	0.9904	2.39

332 *Effect of the significant factor at 5% level; MF: absence or presence mineral fertilizer; SWW:
 333 0 m³, 100 m³, 200 m³ and 300 m³ swine wastewater.

334

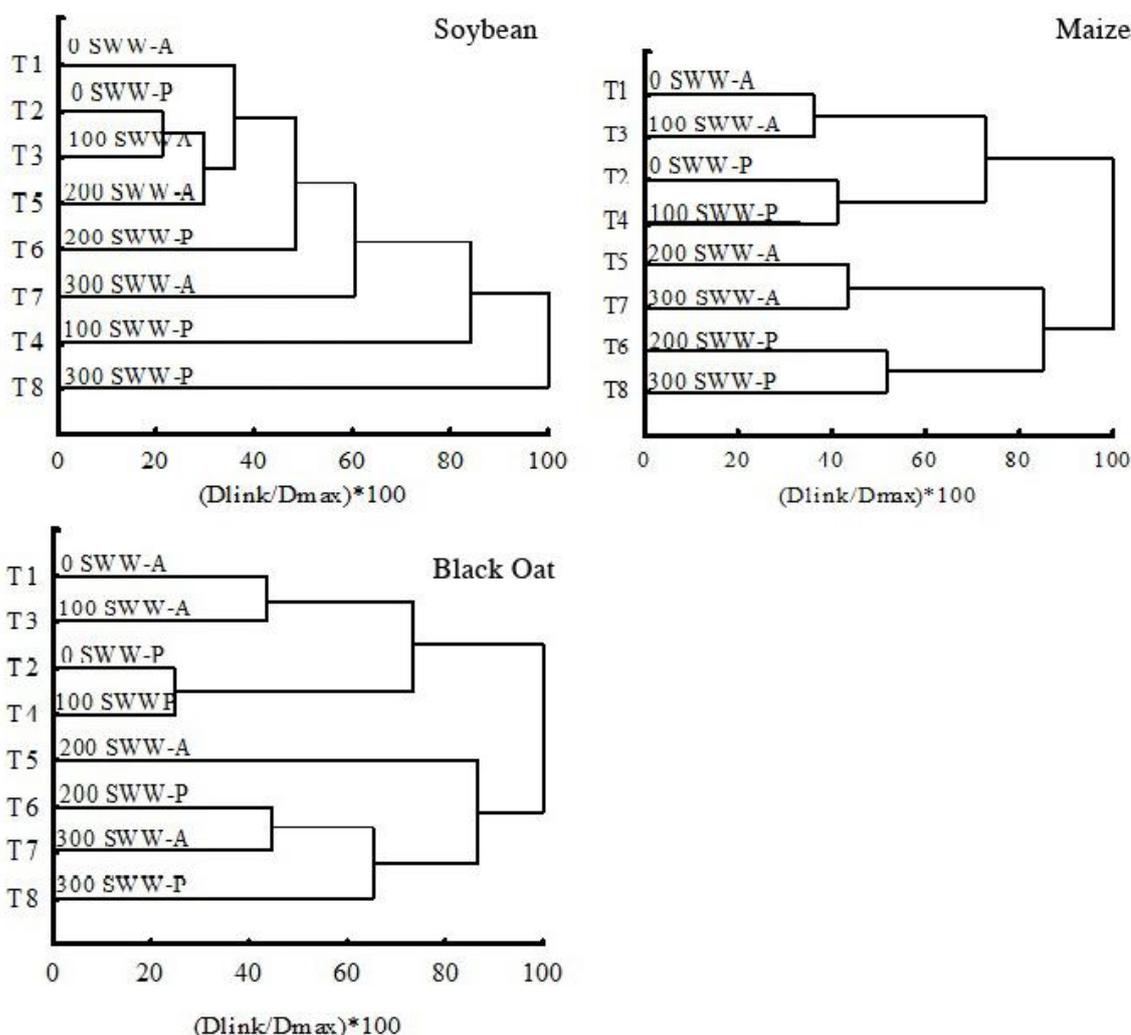
335 A presença de maiores valores de K⁺ no solo e planta ocorreram nos três
 336 cultivos, devido ao histórico de aplicação (Tabela 1), qualidade do efluente aplicado
 337 (Tabela 2) e sua introdução complementar via FM. As culturas em geral entram em
 338 contato com menos de 3% do solo do qual elas se desenvolvem, o solo bem nutrido de
 339 K⁺ assegura a nutrição que a planta necessita (Lopes, 1998). Além da influência dos
 340 fatores SWW e FM, outro fator preponderante à lixiviação de formas nitrogenadas e sais
 341 totais nas culturas do milho e aveia refere-se à época de cultivos dessas culturas
 342 caracterizada por temperaturas mais baixas (outono-inverno) (Figura 1). Aliado ao fato
 343 que aos 106 dias da semeadura do milho ocorreu uma série de geadas e a cultura foi

344 perdida, portanto, o N requerido para o término da fase reprodutiva não foi absorvido
345 (Vasconcellos et al., 1998). O nitrogênio amoniacal dos dejetos pode ser rapidamente
346 nitrificado mesmo sem a incorporação ao solo ou perdido por volatilização, como
347 possivelmente ocorreu na cultura da soja, onde as perdas em temperaturas mais altas
348 podem chegar até 280 kg N ha⁻¹ (Eaglesham et al., 1983; Angle et al., 1992). Estudos
349 sugerem que adição de N via resíduo orgânico pode suprimir a fixação do N atmosférico
350 (Rodgers and Anderson, 1995). No entanto, outros relatam que a fixação não é alterada
351 (Currie et al., 2003). A presença de Cu⁺² e Zn⁺² no solo está associada à adição de
352 SWW, ambos possuem seu papel essencial na nutrição das plantas, no entanto, o Cu⁺² é
353 menos prontamente translocado para a planta do que o Zn⁺², e pode acumular-se em
354 altas concentrações nas raízes (Mancuso and Santos, 2003) induzindo a fitotoxicidade
355 em culturas. (Moral et al, 2008). O Zn⁺² tem seus efeitos tóxicos reduzidos em solos
356 com pH superior a 6,0 bem como em solos com fina textura e teor considerável de
357 matéria orgânica, como é o caso do solo desse estudo. No entanto, a percolação de sais
358 pode carrear os elementos em profundidade no perfil do solo, principalmente o Zn⁺²
359 (Azeez et al., 2009).

360 **4.5. Análise de agrupamento (CLUSTER)**

361 No cultivo da soja, no primeiro agrupamento, o tratamento de maior dose de
362 SWW que se agrupou com os controles, agrônômico (T2) e ambiental (T1) foi o T5
363 (Figura 5). Os demais tratamentos com maiores concentrações de SWW combinados
364 com FM (T4, T6, T7 e T8) se distanciaram dos controles. Portanto, verificou-se que a
365 dose de 200 m³ ha⁻¹ forneceu condições adequadas de cultivo no desenvolvimento da
366 cultura e também apresentou-se isenta de problemas de caráter ambiental (Figura 5).

367



368 **Figure 5.** Dendrogram obtained from the physical chemical characterization of soil and
 369 leaching, cycle of the soybean, maize and black oat.

370

371 No cultivo do milho o fator de maior influência para a separação de dois grupos
 372 distintos, foi a SWW, separando em um grupo os tratamentos com as doses de 0-100 m³
 373 ha⁻¹ (T1, T2, T3 e T4) em relação aos tratamentos com as doses de 200-300 m³ ha⁻¹ (T5,
 374 T6, T7 e T8). Na formação dos menores grupos dentro dos dois grandes grupos, o fator
 375 ausência e presença de FM foi determinante, sendo o T3 mais próximo do controle
 376 ambiental (T1) e T4 mais similar ao controle agrônômico (T2).

377 O mesmo observa-se pra o cultivo da aveia, primeiro a separação de dois grupos
 378 influenciados pelo fator SWW, com as doses de 0-100 m³ ha⁻¹ e o outro com as de 200-

379 300 m³ ha⁻¹ e novamente verifica-se que T4 foi o tratamento de maior dose de SWW
380 mais similar com os controles agrônômico e ambiental (T1 e T2) (Figura 5).

381 **5) CONCLUSÃO**

382 A partir dos resultados obtidos de uma área que possui um histórico de aplicação
383 de água residuária suinocultura conclui-se que a dose recomendada, com vistas a uma
384 boa qualidade de fertilidade de solos argilosos e controle ambiental, para a cultura da
385 soja é a dose de 100 m³ ha⁻¹ isolada da adubação mineral. Para as culturas de milho e
386 aveia, recomenda-se a dose de 100 m³ ha⁻¹ associada com a adubação mineral. Porém,
387 na soja, é necessário ter atenção ao comportamento do N visto que quando em excesso a
388 relatos da sua influência negativa na fixação do N atmosférico. No milho e aveia
389 devem-se monitorar as perdas de NO₃ via lixiviação, possíveis riscos de salinização e
390 acúmulo de metais.

391 Os resultados fornecem informações importantes aos agricultores e aos gestores
392 ambientais, contribuindo no melhoramento do manejo e destinação dos dejetos em
393 regiões de produção agropecuária concentrada.

394

395 **6) BIBLIOGRÁFICAS**

396

397 Abranches, J.L.; Batista, G.S.; Ramos, S.B. dos; Prado, R.M. 2009. Response of oats to
398 the application of zinc in Oxisol. Revista Brasileira de Ciências Agrárias 4: 278-282 (in
399 Portuguese, with abstract in English).

400

- 401 Aita, C.; Port, O.; Giacomini, S.J. 2006. Dynamics of soil nitrogen and cover crops dry
402 matter production in the fall/winter as affected by pig slurry use. *Revista Brasileira de*
403 *Ciência do Solo* 30: 901-910 (in Portuguese, with abstract in English).
- 404
- 405 Alcarde, J.C.; Gomes, P.F.; Malavolta, E. 2000. *Aubos e adubações*. Nobel, São Paulo,
406 SP, Brasil.
- 407
- 408 AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AWWA, WEF. 1995.
409 Standard methods for the examination of water and wastewater. 19ed. American Public
410 Health Association, New York, NY, USA.
- 411
- 412 Anami, M.H.; Sampaio, S.C.; Suszek, M.; Damasceno, S.; Queiroz, M.M.F. 2008.
413 Miscible displacement of nitrate and phosphate from swine wastewater in soil columns.
414 *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental* 12: 75-80 (in Portuguese, with
415 abstract in English) .
- 416
- 417 Anderson, M. J. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of
418 variance. *Austral Ecology* 26: 32-46.
- 419
- 420 Angle, J.S., Madariaga, G.M., Heger, E.A. 1992. Sewage sludge effects on growth and
421 nitrogen fixation of soybeans. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 41: 231–239.
- 422
- 423 Assmann, T.S.; Assmann, J.M.; Cassol, L.C.; Diehl, R.C.; Manteli, C.; Magiero, E.C.
424 2007. Performance of oat and italian rye-grass mixture and soil chemical attributes as

- 425 related to liquid swine manure application. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*
426 311:1515-1523 (in Portuguese, with abstract in English).
427
- 428 Azeez, J. O.; Adekunle, I. O.; Atiku, O. O.; Akande, K. B.; Jamiu –Azeez, S. O. 2009.
429 Effect of nine years of animal waste deposition on profile distribution of heavy metals
430 in Abeokuta, south-western Nigeria and its implication for environmental quality.
431 *Waste Management* 29: 2582-2586.
432
- 433 Bakhsh, A.; Kanwar, R. S.; Karlen, D. L. 2005. Effects of liquid swine manure
434 applications on NO₃-N leaching losses to subsurface drainage water from loamy soils in
435 Iowa Agriculture, Ecosystems and Environment 109: 118-128.
- 436 Bergstrom, L.; Kirchamann, H. 2006. Leaching and Crop Uptake of Nitrogen and
437 Phosphorus from Pig Slurry as Affected by Different Application Rates *Journal of*
438 *Environmental Quality* 35: 1803-1811.
439
- 440 Bertol, O. J.; Fey, E.; Favaretto, N.; Lavoranti, J.; Rizzi, N. E. 2010. Mobility of P, Cu
441 and Zn in soil columns under no-till and organic and mineral fertilization. *Revista*
442 *Brasileira Ciência do Solo* 34: 1841-1850 (in Portuguese, with abstract in English).
443
- 444 Büll, L. T.; Cantarella, H. 1993. *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade.*
445 Potafos, Piracicaba, São Paulo, Brasil.
446

- 447 Büll, L. T. 1994. Interações de nitrogênio e potássio no milho.– Informações
448 Agronômicas. Potafos, Piracicaba, São Paulo, Brasil.
- 449
- 450 Camargo, C.E.O.; Freitas, J.G.; Cantarella. H. Aveia e centeio. *In*: Van Raij, B.;
451 Cantarella, H.; Quaggio, J.A. et al., eds. 1996. Recomendações de adubação e calagem
452 para o Estado de São Paulo. Instituto Agronômico Boletim Técnico, 100, Campinas, SP,
453 Brasil.
- 454
- 455 Caovilla, F.A.; Sampaio, S.C.; Pereira, J.O.; Vilas Boas, M.A.; Gomes, B.M.;
- 456 Figueiredo, A.C. 2005. Leaching of nutrients of wastewater in columns, of soil
457 cultivated with soybean. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental* 9: 283–287
458 (in Portuguese, with abstract in English).
- 459 Caovilla, F. A.; Sampaio, S. C.; Smanhotto, A.; Nobrega, L. H.; Queiroz, M. H. F.;
- 460 Gomes, B. M. 2010. Chemical characteristics of the soil cultivated with soybean and
461 irrigated with swine wastewater. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental* 14:
462 692–697 (in Portuguese, with abstract in English).
- 463
- 464 Carvalho, J. L. N.; Raucci, G. S.; Cerri, C. E. P.; Bernoux, M.; Brigitte, J. F.; Wruck, F.
465 J.; Cerri, C. C. 2010. Impact of pasture, agriculture and crop-livestock systems on soil C
466 stocks in Brazil. *Soil and Tillage Research* 110: 175-186.
- 467
- 468 Cela, S.; Berenguer, P.; Santiveri, F.; Lloveras, J. 2010. Potential Phosphorus,
469 Potassium, and Magnesium Surpluses in an Irrigated Maize Monoculture Fertilized with
470 Pig Slurry. *Agronomy Journal* 102: 96-102.

471

472 Coronado, A. M.; Fuensanta, G. O.; Solera, M. S.; Arcenegui, V.; Beneyto, J. M. 2011.

473 Short-term effects of treated wastewater irrigation on Mediterranean calcareous soil.

474 Soil and Tillage Research 112: 18-26.

475

476 Cosmann, N. J.; Sampaio, S. C.; Pinto, F. G. S.; Palma, D.; Dieter, J.; Cordovil, C.M. d.

477 S.; Varennes, A. 2012. Transport of nutrients and bacteria in runoff after the application

478 of swine wastewater. Journal of Food, Agriculture & Environment 10: 785:789.

479

480 Currie, V.C.; Angle, J.S.; Hill, R.L. 2003. Biosolids application to soybeans and effects

481 on input and output of nitrogen. Agriculture, Ecosystems and Environment 97: 345-

482 351.

483 Dal Bosco, T.C.; Iost, C.; Silva, L.N.; Carnellosi, C.F.; Ebert, D.C.; Schreiner, J.S.;

484 Sampaio, S.C. 2008. Use of swine wastewater in agricultural property – case study.

485 Irriga 13: 139-144 (in Portuguese, with abstract in English).

486

487 Dal Bosco, T.C.; Sampaio, S. C.; Coelho, S. R. M.; Cosmann, N. J.; Smanhotto, A.

488 2012. Effects of the organic matter from swine wastewater on the adsorption and

489 desorption of alachlor in soil. Journal of Environmental Science and Health 47: 485-

490 494.

491

492 Delgado, C.; Rosegrant, M.; Steinfeld, H.; Ehui, S.; Courbois, C. 1999. Livestock to

493 2020. The next food revolution. Food, Agriculture, and the Environment Discussion

494 Paper 28. IFPRI/FAO/ILRI.

495

496 Diaz, D. A. R.; Sawyer, J. E.; Barker, D. W.; Mallarino, A. P. 2010. Runoff nitrogen
497 loss with simulated rainfall immediately following poultry manure application for corn
498 production. *Soil & Water Management & Conservation* 74: 221-230.

499

500 Doblinski, A.F.; Sampaio, S.C.; Silva, V.R.da; Nóbrega, L.H.P.; Gomes, S.D.; Dal
501 Bosco, T.C. Nonpoint source pollution by swine farming wastewater in bean crop.
502 2010. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental* 14: 87-93.

503

504 Eaglesham, A.R.; Hassouna, J.S.; Seegers, R. 1983. Fertilizer N effects on N₂ fixation
505 by cowpeas and soybeans. *Agronomy Journal* 75: 61–67.

506

507 Evanylo, G.; Sherony, C.; Spargo, J.; Starner, D.; Michael, B.; Kathryn, H. 2008. Soil
508 and water environmental effects of fertilizer-, manure-, and compost-based fertility
509 practices in an organic vegetable cropping system *Agriculture, Ecosystems and*
510 *Environment* 127: 50-58.

511

512 Fangueiro, D.; Chadwick, D.; Dixon, L.; Bol, R. 2007. Quantification of priming and
513 CO₂ emission sources following the application of different particle size fractions to a
514 grassland soil. *Soil Biology and Biochemistry* 39: 2608-2620.

515

516 Fey, R.; Lana, M. d. C.; Zoz, T.; Richart, A.; Luchese, E. 2010. Relationship between
517 nitrate leaching and biomass production of corn with pig slurry from different

518 treatments. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 5: 212-218 (in Portuguese, with
519 abstract in English).

520

521 Gebrim, F. O.; Silva, I. R.; Novais, R. F.; Vergutz, L.; Procópio, L. C.; Nunes, T. N.;
522 Jesus, G. L. 2008. Cation leaching favored by inorganic anions and low molecular mass
523 organic acids in soils fertilized with different poultry litters. *Revista Brasileira de*
524 *Ciência do Solo* 32: 2255-2267 (in Portuguese, with abstract in English).

525

526 Gonçalves, M. S.; Sampaio, S. C.; Sene, L.; Suszek, F. L.; Coelho, S. R. M.; Bravo, C.
527 E. C. 2012. Isolation of filamentous fungi present in swine wastewater that are resistant
528 and with the ability to remove atrazine. *African Journal of Biotechnology* 11: 11074-
529 11077.

530

531 Harmel, R.; Smith, D.; Haney, R.; Dozier, M. 2009. Nitrogen and phosphorus runoff
532 from cropland and pasture fields fertilized with poultry litter. *Journal Soil Water*
533 *Conservation* 64: 400-412.

534

535 Haynes, R. J.; Naidu, R. 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications on
536 soil organic matter content and soil physical conditions: a review. *Nutrient Cycling in*
537 *Agroecosystems* 51: 123-137.

538

539 Heathwaite, A.; Johnes, P. 1996. Contribution of nitrogen species and phosphorus
540 fractions to stream water quality in agricultural catchments. *Hydrological Processes* 10:
541 971-83.

542

543 INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. 1998. Cartas Climáticas do
544 Estado do Paraná. IAPAR, Londrina, PR, Brasil.

545

546 Jackson, D.A. 1993. Stopping Rules in Principal Components Analysis: A comparison
547 of heuristical and statistical approaches. *Ecology* 74: 2204-2214.

548

549 Jolliffe, I.T., 1986. *Principal Component Analysis*. Springer-Verlag, New York.

550

551 Lopes, A. S., 2ed. 1998. Manual internacional de fertilidade do solo. Tradução e
552 Adaptação. Potafos, Piracicaba, SP, Brasil.

553

554 Kunz, A.; Steinmetz, R.L.R.; Ramme, M.A.; Coldebella, A. 2009. Effect of storage time
555 on swine manure solid separation efficiency by screening. *Bioresource Technology* 100:
556 1815-1818.

557

558 Magalhães, P. C.; Durães, F. O. M. 2006. Fisiologia da produção de milho. Circular
559 Técnica 76. EMBRAPA Milho e Sorgo.

560

561 Maggi, C. F.; Freitas, C. L. F.; Sampaio, S. C.; Dieter, J. Leaching of nutrients in
562 cultivated soils under application of residual water of pig farming. 2011. *Revista
563 Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental* 15: 170-177 (in Portuguese, with abstract in
564 English).

565

- 566 Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira, S. A., 2ed. 1997. Avaliação do estado nutricional
567 das plantas. Potafos, Piracicaba, São Paulo, Brasil.
568
- 569 Mancuso, P. C. S.; Santos dos, H. F., 1ed. 2003. Reúso de Água. Manole, São Paulo,
570 SP, Brasil.
571
- 572 McCune, B. and Mefford, M. J. 1999. Multivariate analysis on the PC-ORD system.
573 Version 4. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon.
574
- 575 McCune, B.; Grace, J. B. 2002. Analysis of Ecological Communities. MjM Software,
576 Gleneden Beach, Oregon.
577
- 578 Moral, R.; Perez-Murcia, M.D.; Perez-Espinosa, A.; Moreno-Caselles, J.; Paredes, C.;
579 2005. Estimation of nutrient values of pig slurries in Southeast Spain using easily
580 determined properties. Waste Management 25: 719–725.
581
- 582 Moral, R.; Perez-Murcia, M. D.; Perez- Espinosa, A.; Moreno-Caselles, J.; Paredes, C.;
583 Rufete, B. 2008. Salinity, organic content, micronutrients and heavy metals in pig
584 slurries from South-eastern. Spain. Waste Management 28: 367-371.
585
- 586 Pedrero, F.; Kalavrouziotis, I.; Alarcon, J.J.; Koukoulakis, P.; Asano, T. 2010. Use of
587 treated municipal wastewater in irrigated agriculture – review of some practices
588 is Spain and Greece. Agricultural Water Management 97: 1233–1241.
589

- 590 Plaza, C.; Hernández, D.; Fernández, J. M.; Polo, A. 2006. Long-term effects of
591 amendment with liquid swine manure on proton binding behavior of soil humic
592 substances. *Chemosphere* 65: 1321-1329.
593
- 594 Queiroz, F. M.; Matos, A. T.; Pereira, O. G.; Oliveira, R. A. 2004. Chemical
595 characteristics of soil submitted swine liquid manure treatment and cultivated with
596 forage grasses. *Ciência Rural* 34: 1487-1492 (in Portuguese, with abstract in English).
597
- 598 Raij, B. V. 1991. *Fertilidade do solo e adubação*. Ceres, Potafos, Piracicaba, São Paulo,
599 Brasil.
600
- 601 Raij, B.; Andrade, J.C. de; Cantarella, H.; Quaggio, J.A. 2001. *Análise Química para*
602 *Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais*. Instituto Agronômico, Campinas, São
603 Paulo, Brasil.
604
- 605 Rodgers, C.S., Anderson, R.C. 1995. Plant growth inhibition by soluble salts in sewage
606 sludge-amended mine spoils. *Journal Environment Quality* 24: 627–630.
607
- 608 Salisbury, B., Ross, C. W. *Plant Physiology*. 3 ed. 1992. Wadsworth, Inc, Belmont.
609
- 610 Sampaio, S. C.; Fiori, M. G. S.; Opazo, M. A. U.; Nóbrega, L. H. P. 2010 a. Behavior of
611 the forms of nitrogen in soil grown with corn irrigated with swine wastewater.
612 *Engenharia Agrícola* 30: 138-149 (in Portuguese, with abstract in English).
613

- 614 Sampaio, S. C.; Caovilla, F. A.; Opazo, M. A. U.; Nóbrega, L. H. P.; Suszek, M.;
- 615 Smanhotto, A. 2010 b. Ions leaching in deformed and undeformed soil columns .
- 616 Engenharia Agrícola 30: 150-159 (in Portuguese, with abstract in English).
- 617
- 618 Sánchez, M.; González, J. L. 2005. The fertilizer value of pig slurry. I. Values
- 619 depending on the type of operation Bioresource Technology 96: 1117-1123.
- 620
- 621 SBSC - SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química
- 622 e Fertilidade do Solo. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do
- 623 Sul e de Santa Catarina. 10ed. 2004. SBSC, Porto Alegre, RS, Brasil.
- 624 Scott, C.A.; Geohring, L.D.; Walter, M.F. 1998. Water quality impacts of tile drains in
- 625 shallow, sloping, structured soils as affected by manure application. Applied
- 626 Engineering in Agriculture 14: 599-603.
- 627
- 628 Segal, E.; Dag, A.; Gal-Bem, A.; Zipori, I.; Erel, R.; Suryano, S.; Yermiyahu, U. 2011.
- 629 Olive orchard irrigation with reclaimed wastewater: Agronomic and environmental
- 630 considerations. Agriculture, Ecosystems and Environment 140: 454-46.
- 631
- 632 Sfredo, G.J. et al. Soja: nutrição mineral, adubação e calagem. Londrina : EMBRAPA -
- 633 CNPSo, 1986: 51.Sfredo, G.J., Lantmann, A.F., Borkert, C.M. 2000. Indicação da
- 634 aplicação de doses de enxofre (S) e de micronutrientes no solo, para a cultura da soja.In:
- 635 Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil.
- 636

- 637 Sfredo , G.J., Borkert , C.M., Klepker , D. O cobre (Cu) na cultura da soja: diagnose
638 foliar. In: Reunião de pesquisa de soja da região central do brasil, 23. 2001, Londrina.
639 Resumos... Londrina: Embrapa Soja (Embrapa Soja. Documentos, 157).
640
- 641 Smanhotto, A.; Souza, A. P.; Sampaio, S. C.; Nóbrega, L. H. P.; Prior, M. 2010.
642 Copper and zinc in the lixiviated material and in the soil application of swine
643 wastewater on soil cultivated with soybean *Engenharia Agrícola* 30: 347-357 (in
644 Portuguese, with abstract in English).
645
- 646 Smith, D. R.; Owens, P. R.; Leytem, A. B.; Warnemuende, E. A. 2007. Nutrient losses
647 from manure and fertilizer applications as impacted by time to first runoff event.
648 *Environmental Pollution* 147: 131-137.
649
- 650 Soares, E.; Lima, L. A.; Mischan, M. M.; Mello, F. A. F.; Boaretto, A. E. 1983. Effect
651 of the relationship between levels of exchangeable Ca and Mg in soil K uptake by plants
652 of rye. *Revista de Agricultura* 58: 315-330 (in Portuguese, with abstract in English).
653
- 654 Soil Survey Staff. *Keys to soil taxonomy*. 11ed. 2010. USDA-Natural Resources
655 Conservation Service, Washington, D.C., USA.
656
- 657 Tedesco, M. J.; Gianello, C.; Bissani, C. A.; Bohnen, H.; Volkweiss, S. J. 1995.
658 *Análise de solo, plantas e outros materiais*. UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.
659

- 660 USEPA. National Water Quality Inventory . 2006. Nitrates and Nitrites [Online].
661 Available http://www.epa.gov/teach/chem_summ/Nitrates_summary.pdf [Accessed
662 Jul. 17, 2012].
663
- 664 USEPA. National Water Quality Inventory . 2012. Drinking Water Contaminants
665 [Online]. Available <http://water.epa.gov/drink/contaminants/> [Accessed Jul. 17, 2012].
666
- 667 Vasconcellos, C. A; Viana, M. C. M.; Ferreira, J. J. 1998. Dry matter and nutrient
668 accumulation in maize cultivate o during the winter-spring season. Pesquisa
669 Agropecuária Brasileira 11: 1835-1845 (in Portuguese, with abstract in English).
- 670 Vilela, E.F.; Büll, L.T. 1999. Evaluation of maize growth as a function of potassium
671 rates and water stress. Revista Brasileira de Ciência do Solo 23: 281-289.
672
- 673 Yang, S. M.; Malhi, S. S.; Song, J. R.; Xiong, Y. C.; Yue, W. Y.; Lu. L. L.; Wang, J.
674 G.; Guo, T.W. 2006. Crop yield, nitrogen uptake and nitrate-nitrogen accumulation in
675 soil as affected by 23 annual applications of fertilizer and manure in the rainfed region
676 of Northwestern China. Nutrient Cycling in Agroecosystem 76: 81-94.
677

678 **7) ANEXOS**

679 Objetivos e política editorial

680

681

682 Scientia Agricola é uma publicação da Universidade de São Paulo, Campus
683 "Luiz de Queiroz", Piracicaba, uma cidade situada na região sudeste do Brasil no estado
684 de São Paulo. Scientia Agricola tem por objetivo publicar artigos originais que
685 contribuam para o desenvolvimento científico das Ciências Agrárias Ambientais e
686 Biológicas.

687

688 A revista possui amplo espectro, abrangendo Produção Vegetal, Produção
689 Animal, Engenharia Agrícola, Tecnologia Agroindustrial, Ciências Florestais e
690 aplicações da ciência básica nas Ciências Agrárias, Ambientais, do Solo e Biológicas.

691

692 Artigos originais são agrupados por assunto nas seguintes categorias: Engenharia
693 Agrícola; Microbiologia Agrícola; Agrometeorologia; Ciência Animal e Pastagens;
694 Biometria, Modelagem e Estatística; Fitotecnia; Ecologia; Entomologia; Ciência e
695 Tecnologia de Alimentos; Ciência Florestal; Genética e Melhoramento de Plantas;
696 Fitopatologia; Fisiologia Vegetal e Bioquímica; Solos e Nutrição de Plantas; Zoologia.

697

698 Encontra-se indexada no Current Contents®/Agriculture, Biology, and
699 Environmental Sciences, Science Citation Index Expanded (SciSearch®), CAB
700 Abstracts, SciELO, AGRIS, AGROBASE, Chemical Abstracts, INIS, e Tropag &
701 Rural.

702

703 Artigos originais avaliados pela Comissão Editorial podem ser submetidos para
704 avaliação por revisores especialistas no tema ou rejeitados sem revisão pelos pares.

705

706

707

708

709

Instruções gerais

710

SUBMISSÃO DO MANUSCRITO

711

712 • Comece a submissão revendo na íntegra as Instruções aos Autores para garantir
713 que o artigo esteja de acordo com as normas da Scientia Agricola. Estas páginas são
714 atualizadas periodicamente, portanto, recomenda-se fortemente que o autor leia as
715 normas antes da submissão, mesmo que já tenha feito isso anteriormente.

716

717 • Os autores devem submeter os manuscritos pelo sistema eletrônico, acessando
718 o site <http://www.scielo.br/sa>, clicando em "submissão online".

719

720 • Manuscritos deverão ser organizados em MS Word para Windows ou software
721 compatível. Evite o uso de recursos de processamento de texto automatizados, tais
722 como listas e numeração, cabeça e formatação subtítulo, links internos, or styles. ou
723 estilos.

724

725 • Palavras-chave só deverão ser adicionadas nos casos em que os autores
726 acreditem que uma palavra que não está no título ou no resumo ajudaria na indexação
727 do manuscrito.

728

729

730

731 CARTA DE APRESENTAÇÃO (deve ser escrita em inglês)

732

733 • Uma carta declarando que o manuscrito não foi submetido para publicação em
734 outro periódico deve ser apresentada juntamente com o manuscrito (comentários para o
735 editor ou arquivo suplementar).

736

737 • A publicação de um pôster resumo ou uma apresentação oral em um evento
738 científico não é considerada publicação anterior da pesquisa.

739

740 • Os autores devem recomendar cinco consultores qualificados que sejam
741 especialistas na área científica do manuscrito (forneça e-mail e filiação). A Comissão
742 Editorial poderá escolher alguém que seja ou não desta lista. Os autores também
743 deverão indicar na carta de apresentação a importância do seu trabalho e como e porque
744 os seus principais resultados estariam dentro do escopo da revista.

745

746 • Conflito de interesse financeiro. Incluir uma declaração na carta de
747 apresentação dizendo se os autores possuem ou não algum conflito de interesse.
748 Conflito de interesse financeiro são aqueles com potencial de influenciar o conteúdo da
749 publicação de forma a impedir a objetividade, integridade ou percepção do valor da
750 publicação. Eles podem incluir apoio financeiro (por aquelas organizações que
751 poderiam ganhar ou perder financeiramente com a publicação), relação de trabalho
752 (atual ou ainda que venha a ocorrer por uma organização que possa ganhar ou perder
753 financeiramente com a publicação) e interesses financeiros pessoais. Para publicações
754 com mais de um autor, o autor correspondente deve providenciar a declaração em nome
755 de todos os autores.

756

757

758

759 ESTILO DO MANUSCRITO

760

761 • Defina o significado das abreviaturas na primeira vez que forem citadas no
762 resumo e no texto, e novamente nas tabelas e figuras. Uma vez que uma abreviação for
763 citada, ela deve ser usada em todo o manuscrito, exceto no início de uma frase.

764

765 • O nome latino ou nomenclatura binomial (ou trinomial) e autoria deve ser
766 utilizado quando mencionado pela primeira vez para todas as plantas, insetos, patógenos
767 e animais.

768

769 • Tanto o ingrediente ativo quanto o nome químico da substância de pesticidas
770 devem ser inseridos quando mencionado pela primeira vez.

771

772 • Identifique os solos utilizando a taxonomia de solos do USDA
773 (<http://soils.usda.gov/technical/classification/osd/index.html>) até o segundo nível
774 (subordem) ou até o quarto nível (subgrupo). A classificação da FAO também pode ser
775 utilizada até o segundo nível. A tradução livre do nome e da classificação do solo não é
776 permitida.

777

778 • Utilize o Sistema Internacional de Unidades em todo texto.

779

780 • Verifique os caracteres gregos e figuras cuidadosamente.

781

782 • Certifique-se que exceto quando seguidos por unidades, números de um a dez
783 sejam escritos por extenso. Para quantidades decimais <1, coloque um zero antes do
784 ponto decimal.

785

786 • Use ponto como separador decimal.

787

788 • Utilizar o formato potência negativa para notar e inter-relacionar unidades,
789 e.g.: kg ha⁻¹; não inter-relacione unidades usando a barra vertical, e.g.: kg/ha.

790

791 • Utilize um espaço simples entre as unidades, g L⁻¹, e não g.L⁻¹, ou gL⁻¹.

792

793 • Use o sistema horário de 24 h, com quatro dígitos para horas e minutos: 09h00,
794 18h30.

795

796 • As datas devem ser escritas: primeiro o dia, depois o mês e o por último o ano:
797 18 mar. 2000, 01 fev. 1987.

798

799 • Abreviar os meses com mais de quatro letras: jan.; fev.; mar. etc.

800

801

802

803 PREPARAÇÃO DO MANUSCRITO

804

805 • Texto e ilustrações dos originais submetidos à apreciação pelo corpo editorial
806 devem ser escritos em língua inglesa, segundo as regras de ortografia e gramática norte-
807 americana.

808

809 • Manuscritos deverão ser organizados em MS Word para Windows ou software
810 compatível, fonte Times New Roman 12, margens 3,0 cm, espaçamento duplo.

811

812 • O manuscrito deve ter um máximo de 30 páginas (papel A4); linhas e páginas
813 devem ser numeradas sequencialmente, ilustrações e tabelas inclusive.

814

815 • Tabelas e Figuras devem ser incluídas como parte do seu arquivo. Para fins de
816 revisão os arquivos TIFF (300 DPI), devem ser inseridos no documento de

817 processamento de texto, porém, deverão também ser apresentados em arquivos
818 separados (uma figura sem legenda por arquivo enviado como arquivo suplementar).
819 Isto é solicitado porque arquivos TIFF podem perder resolução após a inserção.

820

821 Página de rosto:

822

823 • O manuscrito deve ter uma página de rosto com o título (máximo de 15
824 palavras), nomes dos autores e afiliações completas.

825

826 • Deverá ser fornecido um título abreviado de 40 caracteres ou menos (além do
827 título do trabalho completo).

828

829 • Os autores devem selecionar uma categoria: Engenharia Agrícola;
830 Microbiologia Agrícola; Agrometeorologia; Ciência Animal e Pastagens; Biometria,
831 Modelagem e Estatística; Fitotecnia; Ecologia; Entomologia; Ciência e Tecnologia de
832 Alimentos; Ciências Florestais; Genética e Melhoramento de Plantas; Fitopatologia;
833 Fisiologia Vegetal e Bioquímica; Solos e Nutrição de Plantas; Zoologia.

834

835 • O autor correspondente deve ser identificado(a) por um asterisco e um
836 endereço eletrônico institucional do autor(a) correspondente deve ser informado.

837

838 • A afiliação/endereço funcional dos autores(as) deve ser informado da maneira
839 mais detalhada possível.

840

841 • O autor correspondente deverá assumir a responsabilidade plena e igualitária
842 para o manuscrito, incluindo o cumprimento das políticas do periódico, e será o contato
843 prioritário com a revista.

844

845 • Por favor, forneça afiliação institucional de cada autor no momento que a
846 pesquisa foi realizada.

847

848 • Se um autor se mudou para uma instituição diferente, o novo local pode ser
849 indicado em nota de rodapé. Números sobrescritos separados por vírgulas (sem espaços)
850 são utilizados para filiações dos autores. Símbolos sobrescritos separados por vírgulas
851 (sem espaços) são utilizados para notas de rodapé do autor. Use na ordem §, ¶, §§, ¶¶.

852

853 Submissão para a capa:

854

855 Para cada um de seus fascículos, a Scientia Agrícola poderá utilizar uma imagem
856 representativa de um artigo publicado no volume. Os autores são convidados a submeter
857 imagens para a capa que tenham apelo visual e que sejam cientificamente interessantes.
858 As imagens devem ter alta resolução (300dpi) e medir 17x17cm. As imagens para a
859 capa podem ser de organismos, habitat, montagens de diferentes imagens, diagramas,
860 mapas ou dados. As ilustrações não precisam estar nos artigos, devem sim ser
861 representativas do trabalho publicado. As imagens devem ser originais e os autores
862 cedem os direitos de publicação exclusivamente a Scientia Agrícola. Carregue o arquivo
863 contendo a imagem como um arquivo suplementar junto com um arquivo texto que

864 deverá conter uma breve descrição de um parágrafo da imagem relacionando-a com o
865 manuscrito publicado. Se o autor não tiver os direitos autorais da imagem submetida,
866 ele é responsável por obter a permissão necessária para poder utilizá-la.

867

868 Organize os manuscritos seguindo a ordem: página de rosto, resumo (máximo
869 250 palavras) Introdução (20-30 linhas), Material e Métodos, Resultados, Discussão,
870 Agradecimentos (opcional), Referências, Tabelas e Figuras.

871

872 O item Conclusão é opcional e, quando utilizado deverá vir após a seção de
873 discussão. O item Resultados e Discussão podem ser combinados e, a conclusão pode
874 ser incorporada à discussão.

875

876 Tabelas e Figuras

877

878 Tabelas:

879

880 • Cada tabela deve iniciar em uma nova página.

881

882 • Devem ser numeradas sequencialmente com algarismos arábicos, e geradas
883 com a ferramenta "Tabela" do MS Word ou MS Excel (manuscritos contendo tabelas
884 coladas como figuras serão devolvidos aos autores).

885

886 • Os títulos devem aparecer imediatamente acima do corpo das tabelas.

887

888 • Numere figuras e gráficos sequencialmente usando algarismos arábicos.

889

890 Figuras/Gráficos:

891

892 • Cada Figura/Gráfico deve iniciar em uma nova página.

893

894 • As legendas das figuras devem aparecer abaixo de cada figura.

895

896 • Gráficos devem ser gerados em MS Excel.

897

898 • Fotografias devem ser apresentadas como arquivo "tagged image format
899 [TIFF]", 300 DPI.

900

901 • Numere figuras e gráficos sequencialmente segundo a ordem em que aparecem
902 no texto.

903

904 • As figuras devem fornecer informações suficientes para que o leitor possa
905 compreendê-las sem uma contribuição significativa do texto.

906

907 • Para as figuras que contêm mais de um painel, designar os painéis com letras
908 maiúsculas (sem parênteses e sem pontos após as letras) no canto superior esquerdo de
909 cada painel, se possível.

910
911 • As palavras utilizadas nas figuras devem ser iguais as utilizadas no manuscrito
912 no que diz respeito a capitalização, itálico e símbolos.

913 914 915 INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

916
917 • Manuscritos envolvendo avaliação da bioatividade de produtos químicos e/ou
918 biológicos, incluindo reguladores do crescimento, em insetos, ácaros, fungos, bactérias,
919 nematóides e plantas daninhas, não serão objeto de análise para publicação na Scientia
920 Agricola.

921
922 • Manuscritos que reportarem a avaliação de melhorias ou protocolos de cultura
923 de tecidos baseados no teste de aditivos, explantes ou condições de crescimento, ou
924 ainda que falhem em mostrar uma melhoria substancial que não poderia ser deduzida da
925 literatura existente, não serão considerados para publicação na Scientia Agricola.

926
927 • Os manuscritos devem obedecer aos critérios estabelecidos nos Códigos
928 Internacionais de cada área.

929
930 • Os conceitos e opiniões contidos nos artigos são de exclusiva responsabilidade
931 dos(as) autores(as).

932 933 934 Referências Bibliográficas

935
936 As referências e citações para artigos da Scientia Agricola serão organizadas
937 utilizando o estilo de formato mínimo 'autor, ano' ou 'nome (ano)'. Checar se todas as
938 citações no texto constam da lista de referências bibliográficas. Os exemplos:

939
940 1. Apenas um autor: Reichardt (2000) ou (Reichardt, 2000).

941
942 2. Dois autores: Fiorio and Demattê (2009) ou (Fiorio and Demattê, 2009).

943
944 3. Três ou mais autores: Rosso et al. (2009) ou (Rosso et al., 2009).

945
946 4. Organizar as referências em ordem alfabética e cronologicamente dentro de
947 parênteses, e use (;) ponto e vírgula para separar citações múltiplas dentro de parênteses,
948 por exemplo: (Boleli, 2003; Boerjan, 2006; Muraroli and Mendes, 2003).

949
950 5. Identificar múltiplas citações 'mesmo autor, mesma data' com a ajuda de letras
951 minúsculas, por exemplo: (Cyrino, 2004a, b).

952
953 6. Usar o estilo "autor-ano" para ordenar a lista de referências, e: (i) abreviar os
954 primeiros e segundos nomes dos autores, mas nenhuma outra palavra; (ii) usar letras
955 maiúsculas para todos os acrônimos, isto é, quando o autor for uma organização; (iii)

956 utilizar letras maiúsculas para a 1ª letra do sobrenome e demais iniciais dos autores, que
957 deverão ser separados por um ponto (.); (iv) separar autores por ponto-e-vírgula; (v) não
958 usar "e comercial" (&) nas citações, nem na lista de referência; (vi) não usar caracteres
959 grifados ou negritados para destacar qualquer parte da referência; (vii) usar letras
960 maiúsculas na 1ª letra dos títulos de livros e de periódicos; (viii) não usar vírgula (,) para
961 separar o título do periódico e o volume; (ix) separar os números de volume do
962 periódico das páginas por dois pontos (:); (x) usar os números completos das páginas;
963 (xi) separar os números de página por um traço (-); (xii) separar os grupos de páginas
964 por uma vírgula se o artigo foi publicado em páginas descontinuas; (xiii) discriminar o
965 número da edição de um livro ou manual como "2ed", por exemplo; (xiv) sobre livros e
966 manuais, nomear os editores ou a editora antes de discriminar a localidade sede dos
967 editores ou da editora; (xv) separar os editores ou a editora da localidade por meio de
968 uma vírgula (,); e (xvi) nestes casos, declarar os nomes da cidade, do estado e do país.

969

970 6.1 Revistas/Periódicos Científicos

971

972 Guillard, R.R.L.; Wangersky, P. 1958. The production of extracellular
973 carbohydrates by some marine flagellates. *Limnology and Oceanography* 3: 449-454.

974

975 6.2 Livros

976

977 6.2.1 Livros com autores

978

979 Pais, I.; Jones Jr., J.R. 1998. *The Handbook of Trace Elements*. St. Lucie Press,
980 Boca Raton, FL, USA.

981

982 6.2.2 Livros com editores/organizadores

983

984 Day, W.; Atkin, R.K., eds. 1985. *Wheat Growth and Modelling*. Plenum Press,
985 New York, NY, USA.

986

987 6.2.3 Livros (e manuais) com organização/instituição como autor ou 988 editora/organizadora

989

990 Association of Official Analytical Chemists - International [AOAC]. 2005.
991 *Official Methods of Analysis*. 18ed. AOAC, Gaithersburg, MD, USA.

992

993 6.3 Capítulo de Livro

994

995 Sharpley, A.N.; Rekolainen, S. 1997. Phosphorus in agriculture and its
996 environmental implications. p. 1-53. In: Tunney, H.; Carton, O.T.; Brookes, P.C.;
997 Johnston, A.E., eds. *Phosphorus loss from soil to water*. CAB International, New York,
998 NY, USA.

999

1000 6.4 Fontes eletrônicas

1001

1002 6.4.1 Elementos necessários para listar citações de sites da rede mundial de
1003 computadores:

1004

1005 A autoria, autor ou fonte. Ano. O título do documento da web ou página da web
1006 (isto é, título principal da página). [meio] (data de atualização). Disponível em:
1007 endereço completo para localizar o recurso (URL / endereço) [Accessed Sep. 19, 1992]

1008

1009 6.4.2 Elementos necessários para listar publicações disponíveis na rede mundial
1010 de computadores:

1011

1012 A autoria, autor ou fonte. Ano. O título do documento ou página da web. [meio]
1013 Produtor/Editor. Disponível em: endereço completo para localizar o recurso [Accessed
1014 Sep. 19, 1992]

1015

1016 6.5 Listagem de referências não escritas em inglês

1017

1018 A Scientia Agricola não incentiva os autores a usarem referências que não
1019 podem ser facilmente acessadas e compreensíveis por leitores do exterior. No entanto,
1020 se essas referências forem essenciais para interpretação dos resultados, relatados no
1021 texto, forneça o título em inglês, informando adicionalmente a linguagem do artigo
1022 original no final da referência, como exemplificado a seguir:

1023

1024 Baretta, D.; Santos, J.C.P.; Figueiredo, S.R.; Klauberg-Filho, O. 2005. Effects of
1025 native pasture burning and Pinus monoculture on changes in soil biological attributes on
1026 the Southern Plateau - Brazil of Santa Catarina Revista Brasileira de Ciência do Solo
1027 29: 715-724 (in Portuguese, with abstract in English).

1028

1029

1030

1031 ENCAMINHAMENTO DOS ARTIGOS

1032

1033 Os manuscritos devem ser submetidos pelo sistema eletrônico, acessando o site
1034 <http://www.scielo.br/sa>, clicando em "submissão online".

1035

1036 Por favor, leia cuidadosamente a lista de checagem de conformidade antes de
1037 submeter o manuscrito.