

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**COBRE, ZINCO, MANGANÊS E SÓDIO EM RAÇÕES, DEJETOS LÍQUIDOS
DE SUÍNOS E SOLOS DE ÁREAS DE USO AGRÍCOLA**

Rosele Clairete dos Santos
Tese de Doutorado

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**COBRE, ZINCO, MANGANÊS E SÓDIO EM RAÇÕES, DEJETOS LÍQUIDOS
DE SUÍNOS E SOLOS DE ÁREAS DE USO AGRÍCOLA**

ROSELE CLAIRETE DOS SANTOS
Bióloga (UNIVATES)
Especialista em Licenciamento Ambiental (UNISC)
Mestre em Ciência do Solo (UFRGS)

Tese apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de
Doutora em Ciência do Solo

Porto Alegre (RS) Brasil
Agosto de 2014

CIP - CATALOGAÇÃO INTERNACIONAL NA PUBLICAÇÃO

ROSELE CLAIRETE DOS SANTOS
Bióloga (UNIVATES)
Especialista em Licenciamento Ambiental (UNISC)
Mestre em Ciência do Solo (UFRGS)

TESE

Submetida como parte dos requisitos

para a obtenção do Grau de

DOUTORA EM CIÊNCIA DO SOLO

Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo

Faculdade de Agronomia

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Porto Alegre (RS), Brasil

“No fundo, só se sabe que sabemos pouco; com o saber cresce a dúvida.”
(Johann Goethe)

*“Não basta ensinar ao homem uma especialidade,
porque se tornará assim uma
máquina utilizável e não uma personalidade.
É necessário que adquira um sentimento,
um senso prático daquilo que vale a pena ser empreendido,
daquilo que é belo, do que é moralmente correto”.*
(Albert Einstein)

AGRADECIMENTOS

Um trabalho de doutorado é, principalmente, uma jornada coletiva. Assim, cabe-me aqui agradecer a tantos que contribuíram para este momento.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo pela oportunidade de realização do curso.

Aos meus pais Senhor Adão José dos Santos e Dona Lery dos Santos, pelo apoio, carinho, incentivo e por considerarem a educação nossa maior herança.

Ao Professor e orientador Dr. Egon José Meurer, pela amizade, paciência, convívio e principalmente por me permitir construir conhecimento
Ao CNPq, pelo auxílio financeiro.

Ao Marcius Dullius Menegotto pelo amor, proteção, atenção, compreensão e tolerância.

Ao amigo e professor Dr. João Telmo Vieira (*in memorian*), por ter acreditado em mim.

Às amigas e colegas Christina V. S. de Lima, Andressa Diprat e Patrícia Giovanella pelo companheirismo nos bons e maus momentos.

Aos professores, Dr. Carlos Alberto Bissani, Dra. Liane Bianchin e Dra. Verônica Schmidt, integrantes da Banca Examinadora, pelas sugestões e esclarecimentos.

Ao Adão Luís... por toda a paciência, parceria, ensinamentos e atenção.

A todos os colegas do PPG em Ciência do Solo, pelos momentos de descontração e parceria que passei ao lado de todos, em especial aos colegas Fabrício Balerini, Diego Secagno e Amanda Martins pelo auxílio nas coletas e pelo apoio à pesquisa

Aos funcionários do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo – UFRGS por toda a atenção, disponibilidade e serviços prestados.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para execução desse trabalho.

COBRE, ZINCO, MANGANÊS E SÓDIO EM RAÇÕES, DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS E SOLOS DE ÁREAS DE USO AGRÍCOLA^{1/}

AUTOR: Rosele Clairete dos Santos
ORIENTADOR: Prof. Dr. Egon José Meurer

RESUMO

A aplicação sistemática de dejetos líquidos de suínos (DLS) em solos agrícolas pode aumentar os teores totais de metais e suas formas biodisponíveis. Este trabalho teve como objetivo avaliar o impacto em solos agrícolas resultante da aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS) provenientes de duas fases de criação (terminação e creche). Os estudos foram conduzidos no município de Arroio do Meio/RS. Foram coletadas amostras de rações, de DLS e de solos nas profundidades de 0-0,025, 0,025-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m em propriedades suinícolas do município. As análises realizadas indicaram que há diferenças significativas entre as composições das rações fornecidas aos suínos e que os teores de Cu, Mn, Na e Zn são maiores que os sugeridos pela bibliografia especializada. A aplicação dos dejetos, de ambas as fases de criação, não aumentou, significativamente, o teor de matéria orgânica dos solos nas áreas amostradas. Os teores de P, K e Na apresentaram diferenças significativas na camada de 0 – 0,025 m nas áreas em que foram aplicados DLS da fase terminação. Os teores de Cu biodisponível foram maiores na camada de 0 – 0,05 m e os de Zn biodisponível na camada de 0 – 0,025 m. As concentrações de Mn biodisponível foram altas até a profundidade de 0,40 m. Os órgãos ambientais responsáveis pelo licenciamento das atividades suinícolas limitam o volume de DLS a aplicar em cada propriedade em 50 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, não havendo exigências específicas quanto aos atributos do solo onde será aplicado e a origem do DLS.

Palavras chave: fases de criação, metais em solos, contaminação.

^{1/} Tese de Doutorado em Ciência do Solo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, Brasil (129 p.) – julho, 2014. Trabalho realizado com apoio financeiro do CNPq

COPPER, ZINC, MANGANESE AND SODIUM IN FOOD, LIQUID WASTE OF PIGS AND SOILS IN AREAS OF FARM LAND USE^{1/}

AUTHOR: Rosele Clairete dos Santos

ADVISER: Prof. Dr. Egon José Meurer

ABSTRACT

The systematic application of pig slurry (DLS) in agricultural soils may increase the total concentration of metals and their bioavailable forms. This study aimed to assess the impact on agricultural land resulting from the application of pig slurry (DLS) from two phases (nursery and finishing). The studies were conducted in Arroio do Meio/ RS. Samples of food, DLS and soil at depths of 0-0.025, 0.025-0.05, 0.05-0.10, 0.10-0.20 and 0.20-0.40 m were collected on farms pigs of the municipality. The analyzes indicated that there are significant differences between the compositions of the rations provided to pigs and that the contents of Cu, Mn, Na and Zn are higher than those suggested by international literature. The application of manure, from both phases of creation, did not significantly increased the organic matter content of soils in the sampled areas. The P, K and Na showed significant differences in the 0-0,025 m in areas that were applied DLS from the termination phase. The levels of bioavailable Cu was higher in layer 0-0.05m and bioavailable Zn in the layer of 0-0,025m. The concentrations of bioavailable Mn were high to a depth of 0.40m. Environmental agencies responsible for the licensing of pig activities limit the volume of DLS to apply in each property at 50 m³ ha⁻¹ yr⁻¹ and there are no specific requirements of the attributes of the soil where it will be applied and the source of the DLS.

Keywords: stages of creation, metals in soils contamination.

^{1/} Doctoral thesis in Soil Science. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, Brazil (129 p.) – July, 2014. Research supported by CNPq.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Suinocultura no Brasil.....	4
2.2. Criação de suínos em confinamento.....	6
2.3. Minerais adicionados às rações dos suínos.....	6
2.3.1 Cobre.....	7
2.3.2 Zinco.....	7
2.3.3 Manganês.....	8
2.3.4 Sódio.....	8
2.4. Composição dos dejetos líquidos de suínos (DLS).....	8
2.5. Impactos sanitários e ambientais dos dejetos líquidos de suínos.....	9
2.6. Metais no solo.....	11
2.7. Avaliação de metais do solo.....	16
2.7.1. Métodos para a determinação dos teores totais dos metais e seu potencial de uso para fins ambientais.....	16
2.7.2. Métodos de diagnóstico da fertilidade do solo como indicadores com propósitos ambientais em áreas de uso de dejetos animais.....	17
2.8. Aspectos normativos para a determinação de áreas contaminadas.....	17
3. HIPÓTESES E OBJETIVOS.....	20
3.1. Hipóteses.....	20
3.2. Objetivos.....	20
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
4.1. Local do trabalho.....	21
4.2. Definição das propriedades.....	22
4.3. Coleta e caracterização das amostras de rações.....	23
4.4. Coleta e caracterização das amostras de dejetos líquidos de suínos.....	23
4.5. Coleta das amostras de solo.....	25

4.6. Determinação dos atributos químicos dos solos.....	26
4.7. Determinação da porcentagem de agregados estáveis em água.....	27
4.8. Determinação dos teores totais de Cu, Zn e Mn no solo.....	29
4.9. Determinação dos teores biodisponíveis de Cu e Zn.....	30
4.10. Determinação do teor biodisponível de Mn.....	30
4.11. Análise estatística.....	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
5.1. Caracterização da ração e dos dejetos líquidos de suínos em diferentes fases de criação (creche e terminação).....	31
5.1.1. Rações.....	31
5.1.1.1. Teor de cobre.....	31
5.1.1.2. Teor de zinco.....	32
5.1.1.3. Teor de manganês.....	33
5.1.1.4. Teor de sódio.....	34
5.1.1.5. Estimativa da quantidade de metais excretado pelos animais.....	35
5.1.2. Dejetos líquidos de suínos (DLS).....	37
5.1.2.1. Teores de cobre, zinco e manganês.....	37
5.1.2.2. Teor de sódio.....	39
5.1.2.3. Estimativa das quantidades de metais aplicados ao solo via DLS.....	40
5.2. Caracterização das áreas de disposição de dejetos líquidos de suínos (DLS) de diferentes fases de criação (creche e terminação).....	42
5.2.1. Caracterização das áreas de referência.....	42
5.2.2. Caracterização das áreas de aplicação de dejetos líquidos de suínos.....	44
5.2.2.1. Teor de MOS.....	44
5.2.2.2. Teor de fósforo.....	48
5.2.2.3. Teores de cátions trocáveis (cálcio, magnésio e potássio).....	51
5.2.2.4. Teor de sódio e estabilidade de agregados em água.....	53
5.2.2.5. Teor de zinco.....	56
5.2.2.6. Teor de cobre.....	59
5.2.2.7. Teor de manganês.....	63
6. CONCLUSÕES.....	70

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
9. APÊNDICES.....	87

RELAÇÃO DE TABELAS

		Página
Tabela 1.	Valores Orientadores para metais em solos conforme Resolução do CONAMA n° 420/2009	19
Tabela 2.	Teores de Cu, Zn, Mn e Na em amostras de rações oferecidas aos suínos nas fases creche e terminação de diferentes empresas integradoras.....	31
Tabela 3.	Estimativa da quantidade de metais (Cu, Zn, Mn) excretados pelos suínos diariamente e no período de 120 dias	36
Tabela 4.	Teores de Cu, Zn, Mn e Na em amostras de DLS de suínos das fases creche e terminação alimentados com rações fornecidas por diferentes empresas integradoras.....	37
Tabela 5.	Estimativa da quantidade de metais (Cu, Zn, Mn e Na) adicionados ao solo via DLS considerando a aplicação de 50 m ³ ha ano ⁻¹	41
Tabela 6.	Atributos químicos: Argila, MOS, pH _{H2O} , P, K, Ca, Mg, CTC _{pH7} e V dos solos das áreas de referência (mata).....	42
Tabela 7.	Interpretação para os atributos químicos da área de referência (mata) conforme Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004).....	43
Tabela 8.	Teores de metais (Cu, Zn e Mn) na área de referência (mata).....	43
Tabela 9.	Teor de MOS em áreas de aplicação de DLS da fase terminação e área de referência (mata).....	45
Tabela 10.	Teor de MOS em áreas de aplicação de DLS da fase creche e área de referência (mata).....	45
Tabela 11.	Teor de argila em áreas de aplicação de DLS da fase terminação e área de referência (mata).....	46
Tabela 12.	Teor de argila em áreas de aplicação de DLS da fase creche e área de referência (mata).....	47
Tabela 13.	Interpretação dos teores de em áreas de aplicação de DLS e área de referência conforme Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004).....	47
Tabela 14.	Teor de fósforo em áreas de aplicação de DLS da fase de terminação e área de referência (mata).....	40

	Página
Tabela 15. Teor de fósforo em áreas de aplicação de DLS da fase de creche e área de referência (mata).....	49
Tabela 16. Interpretação dos teores de fósforo em áreas de aplicação de DLS e área de referência conforme Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004).....	49
Tabela 17. Teores de Ca, Mg e K e valor de saturação por bases em áreas de aplicação de DLS da fase de terminação e para a área de referência.....	52
Tabela 18. Teores de Ca, Mg e K e valor de saturação por bases em áreas de aplicação de DLS da fase de creche e para a área de referência.....	52
Tabela 19. Quantidades de cátions (Ca, Mg e K) em amostras de DLS de duas fases de criação (terminação e creche).....	53
Tabela 20. Teor de Na e porcentagem de agregados estáveis em água em amostras de solo de áreas de aplicação de DLS da fase terminação e área de referência (mata).....	54
Tabela 21. Teor de Na e porcentagem de agregados estáveis em água em amostras de solo de áreas de aplicação de DLS da fase creche e área de referência (mata).....	54
Tabela 22. Teor de zinco total em áreas de aplicação de DLS da fase de terminação e área de referência (mata).....	56
Tabela 23. Teor de zinco total em áreas de aplicação de DLS da fase de creche e área de referência (mata).....	56
Tabela 24. Teor de zinco biodisponível em áreas de aplicação de DLS da fase de terminação e área de referência (mata).....	58
Tabela 25. Teor de zinco biodisponível em áreas de aplicação de DLS da fase de creche e área de referência (mata).....	58
Tabela 26. Teor de cobre total em áreas de aplicação de DLS da fase terminação e área de referência (mata).....	60
Tabela 27. Teor de cobre total em áreas de aplicação de DLS da fase de creche e área de referência (mata).....	61
Tabela 28. Teor de cobre biodisponível em áreas de aplicação de DLS da fase terminação e área de referência (mata).....	62
Tabela 29. Teor de cobre biodisponível em áreas de aplicação de DLS da fase creche e área de referência (mata).....	62
Tabela 30. Teor de Mn total em amostras de solo de áreas de aplicação de DLS da fase de criação terminação e área de referência (mata).....	64

	Página
Tabela 31. Teor de Mn total em amostras de solo de áreas de aplicação de DLS da fase de criação creche e área de referência (mata).....	64
Tabela 32. Teor de manganês biodisponível em áreas de aplicação de DLS da fase de terminação.....	65
Tabela 33. Teor de Mn biodisponível em amostras de solo de áreas de aplicação de DLS da fase de criação creche e na área de referência (mata).....	65

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Municípios com os maiores plantéis suinícolas no estado do Rio Grande do Sul.....	5
Figura 2. Ilustração das principais vias de exposição do homem aos metais e a indicação das principais fontes de adição no ambiente.....	13
Figura 3. Localização geográfica do município de Arroio do Meio.....	21
Figura 4. Detalhamento do processo de coleta dos DLS.....	24
Figura 5. Detalhamento: (A) Coleta das amostras de solo da camada 0 - 0,20 m, (B) estratificação da amostra e (C) coleta das amostras de solo da camada de 0,20 - 0,40 m.....	25
Figura 6. Detalhe: (A) armazenamento das amostras coletadas e (B) amostras dispostas em casa de vegetação para secagem.....	26
Figura 7. Detalhe: (A) agitador de oscilação vertical, (B) transferência das amostras com auxílio de jatos de água, (c) detalhe da secagem em estufa e (d) pesagem das amostras.....	28
Figura 8. Detalhe: (A) secagem das amostras em estufa e (B) pesagem das amostras secas.....	28

RELAÇÃO DE APÊNDICES

	Página
Apêndices 1. Cópias das Licenças de Operação.....	92
Apêndices 2. Cópia dos laudos de análise das rações.....	120
Apêndices 3. Cópia dos laudos de análise dos dejetos líquidos de suínos.....	125
Apêndices 4. Tabulação dos atributos químicos das amostras de solo das propriedades.....	131
Apêndices 5. Tabulação dos atributos químicos das amostras de solo das áreas de referência.....	133

1. INTRODUÇÃO

O plantel de suínos no Brasil é de aproximadamente 38,9 milhões de cabeças conforme levantamentos publicados em 2011 (SEAB/DERAL, 2013). A Região Sul concentra aproximadamente 48% deste total (IBGE, 2012). Há décadas os dejetos líquidos de suínos (DLS) são utilizados como fertilizantes em solos agrícolas, porém a intensificação de criações com alta concentração de animais em pequenas propriedades tem gerado grande volume de dejetos. Assim, esses deixaram de ser vistos somente como um benefício ou fontes de nutrientes e passaram a constituir efluentes potencialmente poluidores do ambiente e que necessitam desta forma, de um tratamento e um destino adequado. A aplicação dos DLS no solo em áreas de lavoura e/ou pastagem tem sido uma importante e às vezes, a única fonte de nutrientes às culturas comerciais nas pequenas propriedades rurais.

Cada vez mais, a sociedade se conscientiza sobre os impactos que suas atividades podem causar para o ambiente, bem como, a necessidade de se minimizar os danos ambientais provenientes do progresso econômico e social, apesar de ser muito difícil quantificar e julgar a relação humana com o meio, assim como, a ponderação entre a proteção ambiental e o impacto sobre o desenvolvimento. A suinocultura é definida pelos órgãos ambientais como uma atividade potencialmente poluidora, face ao grande número de contaminantes contidos em seus efluentes, cuja ação individual ou combinada pode representar importante fonte de degradação dos recursos naturais (ar, água e solo). O lançamento dos dejetos na natureza sem tratamento prévio e sem a determinação da composição química pode resultar no desequilíbrio ambiental e ocasionar efeitos irreversíveis ao ambiente.

Os grandes centros produtores de suínos, a exemplo da Europa e América do Norte, já enfrentam dificuldades para manter os seus atuais

rebanhos, como decorrência do excesso de dejetos, da saturação das áreas para disposição agrônômica, da contaminação dos recursos naturais e dos altos investimentos para o tratamento dos efluentes. A legislação ambiental brasileira estabelece que os empreendimentos capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento do órgão ambiental competente, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis. Assim, para o desenvolvimento da atividade, o sistema deve respeitar as condicionantes estabelecidas na licença ambiental e o descumprimento pode ser definido como uma irregularidade, passível de enquadramento na lei de crimes ambientais.

O processo de licenciamento ambiental de atividades suinícolas considera apenas aspectos gerais do sistema criatório, licenciando a atividade individualmente. As atividades licenciadas são regidas por resoluções do Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA), onde são definidos os portes dos empreendimentos. Conforme Resolução nº 102 do CONSEMA (RIO GRANDE DO SUL, 2005), alterada pela Resolução nº 232 (RIO GRANDE DO SUL, 2010), unidades criadoras de suínos com sistema de manejo de dejetos líquidos podem ser licenciados pelo município quando o plantel máximo de animais for de 1.000 animais na terminação e 3.000 animais na creche, estes empreendimentos são considerados de impacto local. O processo de licenciamento ambiental realizado via órgão municipal, é mais rápido e menos oneroso ao suinocultor. O município de Arroio do Meio caracteriza-se por apresentar propriedades licenciadas com áreas máximas de 10 hectares, mas a média das propriedades encontra-se entre 3-5 hectares. Não há áreas agrícolas suficientes para a destinação do volume total de DLS produzido nos criatórios.

A adição às rações suínas de micronutrientes em doses excessivas para garantir a sua absorção pode levar ao acúmulo dos mesmos no ambiente, ainda que estes sejam encontrados naturalmente no solo. O Cu, Zn, Na e Mn parecem ser os elementos com grande probabilidade de causar problemas devido a sua grande utilização em rações para suínos, com doses diferenciadas em cada uma das fases de criação. Estes elementos são essenciais para os suínos. Eles geralmente são incorporados à alimentação,

porque os alimentos comuns (matéria-prima) não têm teores suficientes destes nutrientes, quando comparado com as necessidades diárias dos suínos.

Este trabalho aborda tais questões, tendo como objetivo central identificar áreas contaminadas (análise quantitativa de metais (Cu, Zn)), determinar os teores totais e biodisponíveis de Cu, Zn e Mn nas áreas de disposição de DLS de duas fases de criação (terminação e creche) para então, identificar possíveis impactos à saúde e ao ambiente. Pretende-se assim demonstrar a importância da avaliação da composição dos DLS para o gerenciamento de áreas de disposição e a necessidade de fiscalização mais eficiente quanto ao volume de DLS produzido pela propriedade e a existência de áreas receptoras desses resíduos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Suinocultura no Brasil

A suinocultura brasileira, a exemplo de outras cadeias produtivas do agronegócio, cresceu significativamente, nas últimas décadas. Esse crescimento é notado quando se analisam indicadores econômicos e sociais, como volume de exportações, participação no mercado mundial, número de empregos diretos e indiretos, entre outros. A criação de suínos do passado evoluiu também na técnica e no modelo de coordenação das atividades entre fornecedores de insumos, produtores rurais, agroindústrias, atacado, varejo e consumidores. Passou a ser uma cadeia de produção de suínos, explorando a atividade de forma econômica e competitiva (Gonçalves e Palmeira, 2006). O rebanho suíno do Brasil, em 2011, era de aproximadamente 38,9 milhões de cabeças (SEAB/PR, 2013) sendo que a região Sul concentrava, aproximadamente, 48% deste total (IBGE, 2012). Atualmente, a criação de suínos é feita em pequenas e médias propriedades, principalmente, que fazem parte de grandes grupos integrados a processadores como as empresas BR Foods, Grupo Marfrig, Cooperativa Copérdia entre outras; a produção de suínos, por produtores independentes representa menos de 25% da produção total (SEAB/PR, 2013). A produção integrada compreende o fornecimento de insumos e tecnologia, bem como métodos e procedimentos de trabalho. O sistema integrado tem o objetivo de produzir de acordo com as normas e fornecer o produto com qualidade e características solicitadas pela indústria, que por sua vez, é responsável por processar e distribuir aos pontos de venda e finalmente promover o produto para o mercado consumidor com ações de marketing (SEAB/PR, 2013).

A criação de suínos tem relevância econômica e social no complexo agropecuário brasileiro, porque possibilita produzir alimento, empregar mão-de-obra familiar, gerar emprego e renda, além de auxiliar na permanência do homem no campo, contribuindo assim para reduzir o êxodo rural. Os avanços tecnológicos e a especialização do setor suinícola, com a integração vertical de um número de suinocultores ligados a um reduzido número de empresas abatedoras e processadoras, determinaram uma redução no número de criadores e um aumento do número de suínos por unidade produtora (Seganfredo e Giroto, 2005).

No Rio Grande do Sul, o município de Arroio do Meio encontra-se entre os maiores produtores de suínos (Figura 1.) (IBGE, 2010).

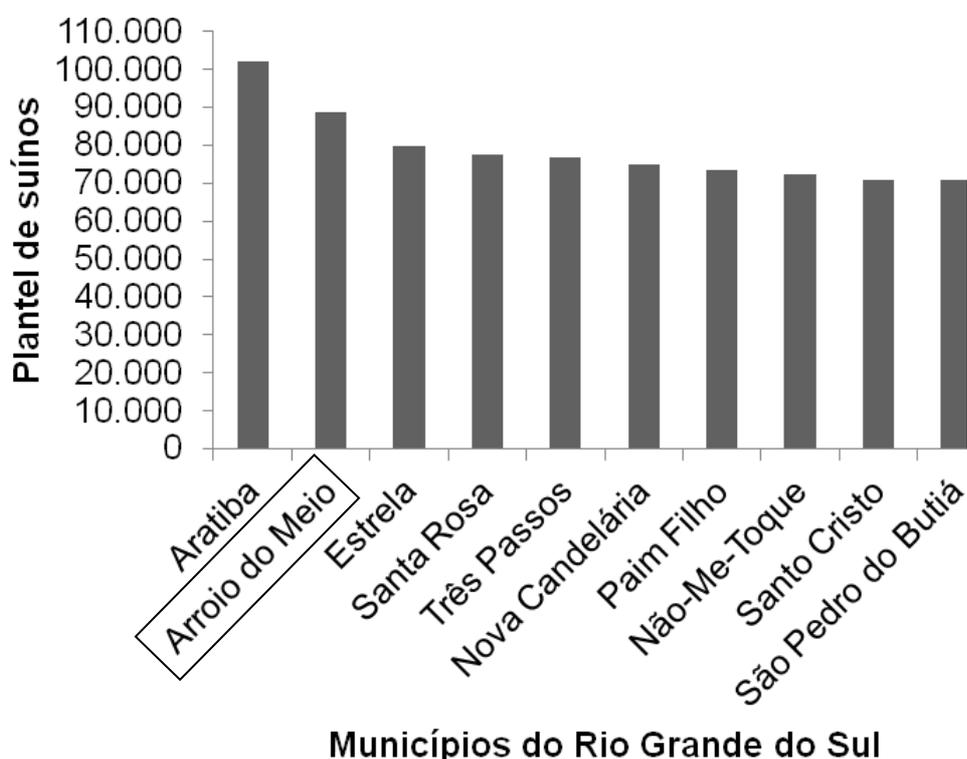


Figura 1. Municípios com os maiores plantéis suinícolas no estado do Rio Grande do Sul.

Fonte: Censo Agropecuário, 2010.

Em 2006, o município de Arroio do Meio possuía 25.698 propriedades rurais, com tamanho médio de 13,53 hectares (IBGE, 2006). Estas propriedades desenvolvem diversas culturas e criações, entre as quais se destaca a produção de suínos.

2.2. Criação de suínos em confinamento

As exigências nutricionais dos suínos em confinamento estão na dependência de vários fatores como raça, linhagem, sexo, heterose, estágio de desenvolvimento do animal, consumo de ração, nível energético da ração, disponibilidade de nutrientes, temperatura ambiente, umidade do ar e estado sanitário do animal (Mores et al., 1998).

Os suínos criados em sua maioria de forma confinada, sem contato com solo e sem fornecimento de forragem na alimentação, têm que receber em sua dieta suplementação destes elementos, pois não são suficientes as quantidades fornecidas a partir do milho e/ou do farelo de soja que constituem a maior parte da ração. Os elementos que provavelmente são mais deficientes em rações à base de farelo de soja e milho são os macromelementos Ca, P, Na e Cl e os microelementos Fe, Cu, Zn, Mn, I e Se (Nicolaiewsky e Prates, 1994).

Entre os ciclos de criação de suínos serão descritas duas fases: creche e terminação. A “unidade creche” é composta pelos leitões retirados da maternidade, que entram nas salas da creche com 28 dias de idade e peso médio de 6 – 6,5 kg e saem com 63 – 70 dias, com peso médio de 28 kg, permanecendo nesta fase por um período de 25 – 30 dias (EMBRAPA, 2010).

A “unidade terminação” corresponde ao período de vida dos suínos entre a saída da creche e o abate. Essa fase ainda pode ser subdividida em duas outras: recria e terminação. A recria compreende a saída da creche até a metade do peso de abate (50-60 kg de peso vivo) e a terminação é iniciada aos 50-60 kg e vai até o peso final de abate (100-120 kg de peso vivo) (EMBRAPA, 2010).

2.3. Minerais adicionados às rações dos suínos

2.3.1 Cobre

O cobre teve sua importância reconhecida na nutrição animal em 1926, quando foi demonstrado que o elemento era essencial para a vida de ratos (Andriguetto et al., 2001). O cobre atua na síntese da hemoglobina e também na síntese e ativação de muitas enzimas necessárias para o metabolismo dos suínos (Ensminger e Parker, 1997; NRC, 2012). Auxilia na

prevenção de anemia (Ensminger e Parker, 1997) porque a deficiência do elemento pode levar a uma baixa mobilização do Fe no organismo. Apresenta, também, função importante relacionada a sua ação antibactericida (Ensminger e Parker, 1997). Altas doses de cobre na dieta alimentar de suínos jovens estimulam o crescimento, o consumo de ração e a eficiência de sua utilização (Cromwell, 1997). Pela sua importância, rotineiramente o cobre é suplementado aos suínos, porém, em quantidades maiores do que as requeridas (Armstrong et al., 2004).

2.3.2 Zinco

O zinco também é um dos microelementos essenciais ao desenvolvimento dos suínos, sendo o constituinte de muitas metaloenzimas, incluindo DNA e RNA, sintase e transferase, muitas enzimas digestivas e é associado ao hormônio insulina. Atua, também no metabolismo de proteínas, carboidratos e lipídeos (Andriquetto et al., 2001; NRC, 2012) e vitaminas, como a vitamina A, por exemplo, mantendo-a em concentrações normais no sangue. É um componente específico da anidrase carbônica, que é uma enzima que atua no equilíbrio ácido-básico do organismo (Andriquetto, et al., 2001) e, ainda no processo de calcificação. O uso farmacológico do elemento estaria relacionado ao controle de *Escherichia coli* em leitões (Hahn e Baker, 1993).

O zinco é um componente minoritário no corpo dos suínos. Um suíno com peso aproximado de 100 kg contém menos de 200 mg de zinco (Mahan e Shields, 1998).

2.3.3 Manganês

O Mn também é um elemento essencial ao desenvolvimento dos animais e é encontrado em pequenas quantidades na maioria dos tecidos. É ativador de várias enzimas, entre as quais a arginase, enolase, tiaminase, e de enzimas essenciais no metabolismo de carboidratos, lipídeos e proteínas. O Mn também atua na formação da matriz orgânica óssea (Andriquetto et al., 2001; Ensminger e Parker, 1997; NRC, 2012).

Normalmente o Mn está presente em quantidades adequadas na maioria das rações à base de milho e soja fornecida aos suínos; porém isto

pode não ser adequado para a ótima performance reprodutiva das matrizes (Ensminguer e Parker, 1997), necessitando assim de suplementação.

2.3.4 Sódio

Para melhorar a palatabilidade e para aumentar a retenção de água em suínos antes do abate, o cloreto de sódio (NaCl) é adicionado às rações oferecidas aos animais em confinamento (Moral et al., 2008). Essa adição resulta em um aumento da salinidade do DLS e, conseqüentemente, de seu acúmulo no solo (Li-Xian et al., 2007).

2.4. Composição dos dejetos líquidos de suínos (DLS)

A quantidade total de dejetos líquidos produzida por um suíno varia de acordo com o seu desenvolvimento, mas apresenta valores decrescentes de 8,5 a 4,9% em relação a seu peso vivo por dia para a faixa de 15 a 100 kg (Mores et al. 1998).

Para cada 10 litros de água consumidos pelos suínos sob confinamento, são gerados cerca de seis litros de dejetos. Estes são constituídos por fezes, urina, água desperdiçada nos bebedouros e de higienização, resíduos de ração, pelos, poeiras e outros materiais decorrentes do processo de criação (Konzen, 1997; EPAGRI-CIRAM, 2000).

O tipo de criação influencia diretamente na composição dos dejetos, assim como a estrutura física e acomodações dos animais, o tipo de bebedouros e a inclinação das construções, além de aspectos referentes à nutrição animal. As diferenças climáticas de cada região e a sazonalidade também determinam as características dos DLS (Belli Filho, 2000).

Na produção de suínos, tradicionalmente têm se buscado por parte de produtores e nutricionistas a máxima performance individual animal. Para isto, dietas são formuladas considerando-se apenas o ganho de peso e normalmente o que é excretado pelo animal é desconsiderado sob esta ótica. Conseqüentemente, as dietas com altas suplementações resultam em quantidades excessivas de nutrientes excretados nas fezes e urina (NRC, 2012).

As relações entre teores presentes nas rações em função dos teores assimilados foram estudados por Kornegay e Harper (1997), os quais observaram que para os suínos alimentados com rações comumente comercializadas os teores assimilados dos nutrientes absorvidos são: 30 a 55% do N, 30 a 50% do Ca, 20 a 50% do P, 5 a 20% do K, 10 a 25% do Na, 15 a 30% do Mg, 5 a 30% do Cu, 5 a 30% do Zn, 5 a 10% do Mn e 5 a 30% do Fe. Em virtude disto, as taxas excretadas dos nutrientes são de 45 a 60% do N, 50 a 80% do Ca e P, e 70 a 95% do K, Na, Mg, Mn, Zn, Cu, e Fe. Uma parcela dos altos valores de nutrientes excretados pode ser creditada aos teores excessivos encontrados nas dietas alimentares.

Sinotti (2005), avaliando o volume e o potencial poluidor de DLS provenientes de diferentes fases do sistema de criação, constatou, pelas unidades amostrais, que a maior carga de poluentes gerada foi a dos DLS de creche, seguida da recria-terminação, da gestação e, finalmente, da maternidade.

2.5. Impactos sanitários e ambientais dos dejetos líquidos de suínos

A poluição do solo por metais está relacionada a processos de acúmulo e transporte destes elementos que dependem, em grande parte, das suas interações com a fase sólida do solo (Amaral Sobrinho, 1999). Tais interações são complexas, envolvendo reações de sorção/dessorção, precipitação/dissolução, complexação e oxi-redução com as fases inorgânicas e orgânicas do solo (Sposito, 1984). A importância relativa dessas interações é diferente para cada elemento em cada condição físico-química do solo (McBride, 1994). Dependendo da solubilidade do metal, da quantidade aplicada e das propriedades do solo, poderá ocorrer movimentação vertical no perfil do solo, atingindo os mananciais de água subterrâneas, ou ser carregado por escoamento superficial, contaminando as águas superficiais. Caso sejam absorvidos pelas plantas e microrganismos os metais podem apresentar riscos efetivos ou potenciais à saúde humana e ao ambiente (Amaral Sobrinho, 1999).

Enquanto os fertilizantes minerais podem ser formulados para condições específicas de cada solo e cultura, os DLS apresentam nutrientes em quantidades desproporcionais em relação às necessidades das plantas

(Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS e SC, 2004). Com isso, as adubações em excesso ou continuadas com esses dejetos podem resultar em impactos ambientais indesejáveis, onde se destacam os desequilíbrios químicos e biológicos no solo, nas águas e até, ao longo do tempo, perdas de produtividade e da qualidade dos produtos agropecuários (Seganfredo, 2006). Para se evitar a adição de nutrientes em doses maiores que a capacidade de adsorção do solo ou àquelas exigidas pelas culturas, o cálculo da dose de dejetos a ser aplicado deve obedecer a um plano de manejo de nutrientes, corrigindo-se as deficiências e excessos (Seganfredo, 2006).

A preocupação com a preservação ambiental, especialmente com a qualidade da água, tem sido o foco de encontros mundiais, sendo a agricultura apontada como uma importante fonte do problema e a produção animal o principal fator dessa contaminação. A produção animal pode contribuir para a contaminação da água pelo escoamento superficial após aplicação dos esterco no campo, pela lixiviação de nutrientes em função de excessivas aplicações ou nos próprios tanques de armazenamento sem nenhum revestimento (Basso, 2003).

Dentre os elementos presentes nos dejetos, alguns podem se tornar problema por atingir e contaminar mananciais de água e outros, devido as suas características químicas podem se acumular no solo. A acumulação de alguns elementos no solo tem o potencial de restringir suas funções, causar toxicidade às plantas e ainda contaminar a cadeia trófica. Metais de fontes pontuais e não pontuais podem atingir sistemas aquáticos, causando lesões e/ou deformações em peixes. Diante do exposto, percebe-se claramente que existe uma necessidade de ciclagem dos DLS, sem que isto signifique prejuízo ao ambiente em curto ou longo prazo.

A capacidade de acúmulo de metais pelos solos é finita, ou seja, há um limite máximo para as adições desses elementos no ambiente. Assim, é necessário identificar as propriedades e características de solo que permitem a acumulação desses elementos e, também, o atual estágio em que os solos se encontram em relação a sua capacidade máxima de retenção (Mallmann, 2009).

Li-Xian et al. (2007) salientam que a preocupação com a salinidade de solos agrícolas em áreas de disposição final de DLS não é considerada nas

avaliações ambientais, ao contrário da relevância atribuída ao nitrogênio, ao fósforo, aos organismos patogênicos e aos metais.

No solo, o excesso de sais pode aumentar os valores de pH, condutividade elétrica do extrato de saturação e comprometer as relações Na/Ca, Na/Mg e Na/Ca + Mg às plantas (Cavalcante et al., 2010). Em solos com altas concentrações de sais solúveis, quanto maior a razão de adsorção de sódio, maior é a dispersão da argila, o que potencialmente contribui para o prejuízo da porosidade do solo podendo ocasionar a sua impermeabilização (Meurer et al., 2012). O excesso de sais no solo provoca redução na absorção e no transporte dos micronutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas cultivadas. A redução no crescimento é consequência de respostas fisiológicas, incluindo modificações no balanço iônico, potencial hídrico, nutrição mineral, fechamento estomático, eficiência fotossintética e alocação de carbono (Cavalcante et al., 2010).

Os impactos da aplicação dos DLS nas propriedades físicas e químicas do solo só se manifestam após longo período de aplicação e dependem das características do solo e do clima. A severidade destes impactos pode variar de acordo com o tempo de aplicação, composição e quantidade aplicada e capacidade de extração das plantas (Fonseca et al., 2007).

2.6. Metais no solo

Algumas características dos solos são de extrema importância no que tange a sua capacidade de recebimento dos dejetos e no que diz respeito a todas as propriedades físicas, químicas e biológicas, as quais interagem com os constituintes dos resíduos aplicados. As interações podem ser as mais diversas possíveis, como a mineralização dos resíduos orgânicos pelos organismos do solo e disponibilização dos elementos às plantas, retenção de determinados elementos por grupos da fração mineral e orgânica do solo e movimentação dos elementos pelas águas de escoamento superior e também de movimento interior (Mattias, 2006).

O solo pode ser caracterizado por uma mistura heterogênea de materiais bióticos, como os microrganismos e plantas, e abióticos, como os

minerais aluminossilicatos e óxidos, resíduos orgânicos e matéria orgânica (Carrillo-Gonzalez et al., 2006). Dependendo da composição e quantidade desses compostos no solo, a reatividade dos metais entre as fases líquida e sólida é significativamente afetada. Assim, a transferência dos metais da solução para a fase sólida do solo e vice-versa é regida por processos físicos, químicos e biológicos, envolvendo os mecanismos de adsorção/dessorção, precipitação/dissolução e mineralização/imobilização (Rheinheimer et al., 2007). Devido às aplicações sucessivas de dejetos, a constatação do acúmulo de cobre, zinco e manganês no solo e nas águas superficiais e subsuperficiais, vêm causando preocupação com relação à segurança ambiental e sanitária necessária para a viabilização desta prática em regiões produtoras de suínos (L'Herroux et al., 1997; Hsu e Lo, 2000; Gräber et al., 2005). Estes metais são provindos especialmente de suplementos minerais adicionados à ração como fontes de cobre e zinco, em certo grau que às vezes excede grandemente o requerimento fisiológico dos suínos (Jondreville et al., 2003), resultando na produção de dejetos com altos teores destes elementos.

O acúmulo de metais no solo pode ocorrer de diferentes formas, como solúvel em água, trocável, ligado a óxidos, ligado a carbonatos, ligado à matéria orgânica e residual na estrutura dos minerais (Sodré et al., 2001). As frações solúveis em água e trocáveis são consideradas biodisponíveis, as frações ligadas a óxidos, carbonatos e matéria orgânica podem ser potencialmente biodisponíveis, enquanto que a fração residual não é disponível para as plantas e microrganismos (Sodré et al., 2001; Kabala e Singh, 2001). Desta forma a concentração total de metais no solo geralmente é um indicador limitado em termos de disponibilidade destes elementos, pois dependendo da forma como estes se encontram no solo pode se ter grande variação em sua biodisponibilidade (Kabala e Singh, 2001).

Em relação aos metais, os solos apresentam propriedades químicas que permitem a sua retenção, diminuindo a possibilidade dos mesmos atingirem camadas inferiores e até o lençol freático, ou mesmo águas superficiais. Para os metais, o solo é o ambiente de descarte e acumulação; porém, é sabido que a capacidade de acúmulo dos solos é finita, ou seja, há um limite máximo para as adições. É importante, portanto, identificar as características de solo que permitem a acumulação de determinados

elementos, bem como o atual estágio que os solos se encontram em relação a sua capacidade máxima (Mallmann, 2009). Dentro desse contexto de alterações que o homem promove no ambiente, surge o problema ambiental acerca do acúmulo de metais. As vias de exposição dos metais ao homem são as mais diversas, podendo percorrer caminhos diferenciados sendo, contudo, os solos, as plantas e as águas as principais vias diretas de exposição humana (Martins et al., 2011). Algumas das principais vias de entrada dos metais no meio ambiente são apresentadas, de maneira ilustrativa na Figura 2.



Figura 2 – Ilustração das principais vias de exposição do homem aos metais e a indicação das principais fontes de adição no ambiente.

Fonte: Martins et al., 2011.

Os microrganismos e invertebrados são responsáveis pela imobilização temporária ou mineralização dos resíduos no solo. Durante a decomposição de materiais orgânicos a concentração de determinado elemento nos resíduos pode ser maior que a sua necessidade pelos processos metabólicos envolvidos, havendo assim liberação dos metais à solução. Por outro lado, se a necessidade dos organismos for maior que a disponibilizada pelos resíduos, os microrganismos retirarão os metais do solo e, em função da acumulação biológica, reduzirão a disponibilidade deste elemento no solo. Os microrganismos podem também dissolver minerais por ação direta, em que

óxidos metálicos atuam como aceptores finais de elétrons, ou ainda por ação indireta, onde a atividade microbiana está ligada à produção de ácidos orgânicos e inorgânicos e agentes oxidantes que podem influenciar nas condições do solo, incluindo mudanças no pH e Eh (Carrilo-González et al., 2006).

Conhecer a dinâmica e quantificar as formas dos metais no solo torna-se importante, uma vez que se trata de uma fonte primária de nutrientes para as plantas, animais e, dentre estes, os humanos no topo da cadeia alimentar. Assim, solos com altos teores de metais, resultantes das ações antrópicas representam riscos ao ambiente, à cadeia trófica e à saúde pública (Alloway, 1995; Camargo et al., 2001; Hooda, 2010; Tack, 2010; Seganfredo, 2013).

Entre as fontes naturais de metais, podem ser destacadas as deposições provenientes do intemperismo das rochas, incluindo erosão e ação eólica, erupções vulcânicas, incêndios florestais e fontes biogênicas (Hooda, 2010). Como principais fontes antrópicas podem ser enumeradas as deposições atmosféricas (combustão de resíduos fósseis (petróleo e carvão mineral)), extração de minérios (mineração), incineração de resíduos, combustão de material vegetal, processamentos industriais de matérias-primas contendo metais (Hooda, 2010). Também são importantes fontes de metais, os agroquímicos, fertilizantes e resíduos orgânicos, dejetos animais, resíduos industriais e outras fontes orgânicas aplicadas ao solo, além, da inadequada destinação de resíduos eletrônicos e de artefatos militares (Tack, 2010). Alloway (1995) destaca que entre as fontes antrópicas, as atividades agrícolas merecem atenção especial, principalmente em regiões com intensivas criações animais e/ou áreas de aplicação de lodos de esgoto, lixo urbano e outros tipos de resíduos de origem agrícola, urbana ou industrial.

No solo, a forma química do cobre e do zinco mais frequentemente encontrada é a divalente (Cu^{+2} e Zn^{+2}); dentre os metais o Cu é o menos móvel no solo, em função de sua forte adsorção aos colóides orgânicos e inorgânicos do solo, já o zinco, é um dos metais mais móveis no perfil do solo (Tack, 2010). As concentrações de cobre total nos solos apresentam variações entre 10 e 726 mg Cu kg⁻¹ de solo (Casali et al., 2008), quanto ao zinco total, suas concentrações variam entre 10 e 300 mg Zn kg⁻¹ de solo. Ambos os metais são

mais abundantes em solos derivados de rochas ígneas básicas e em rochas sedimentares (Abreu et al., 2007).

O Mn ocorre naturalmente em sedimentos e solos, principalmente devido ao intemperismo do material de origem (Paschke et al., 2005; Boudissa et al., 2006) . No entanto, as atividades humanas tais como: mineração, fundição de metais, aplicação de biossólidos e resíduos orgânicos aumentam os teores de Mn. Assim, semelhante ao alumínio, o manganês também pode apresentar propriedades tóxicas em condições de acidez, promovendo fitotoxicidade ao meio e interferindo na produtividade das culturas (Silva, 2012). Segundo o mesmo autor, a toxidez do manganês é um dos principais fatores que prejudicam o crescimento das plantas, ocorrendo comumente em conjunto com aquela causada pelo alumínio em condições ácidas, bem como, o excesso deste micronutriente geralmente afeta mais severamente a parte aérea do que as raízes e aparentemente, as plantas absorvem e transportam esse nutriente em excessivas quantidades, o que resulta acúmulo nas folhas, produzindo-se sintomas bem definidos.

Estudos demonstraram que o excesso de Mn no corpo humano pode promover o inchaço dos astrócitos (maiores células do sistema que sustenta os neurônios e participam de atividades relacionadas à nutrição, à reprodução e à defesa do tecido nervoso), podendo provocar uma doença do o sistema nervoso central que se assemelha a doença de Parkinson (Batterman et al., 2011; Rama Rao et al., 2007). Quando em excesso na solução do solo, o Mn ocasiona toxicidade para as plantas (Li et al., 2014)

É oportuno fazer uma referencia à grandeza da dinâmica das reações no ambiente, normalmente ocorre no sistema uma coexistência entre as diferentes formas de metais, bem como alterações constantes nestas. Os metais mudam a forma química no solo por diferentes vias, resultando em maiores ou menores reversibilidades de reações e conseqüentemente, com maior ou menor facilidade de alterações da espécie química apresentada (Prior, 2008).

A toxidez causada pelo Mn é particularmente comum, devido à sua ocorrência natural, (Paschke et al., 2005). A facilidade de mobilização e a extensa associação com as áreas de disposição de resíduos faz com que o Mn ocorra em vários estados de oxidação, seja como Mn^{+2} na forma mais

amplamente encontrada quando reduzido, e o Mn^{+4} na forma mais comum quando oxidado (Homoncik et al., 2010). O Mn é um nutriente essencial para todas as formas de vida, mas pode ser tóxico em excesso.

2.7. Avaliação de metais do solo

A importância da determinação do teor de metais em matrizes ambientais reside não só na toxicidade típica exibida por alguns elementos, mas também pela sua persistência no ambiente. Essa característica de persistência dos metais no ambiente se deve ao fato de estes não serem degradados biológica e/ou quimicamente como os poluentes orgânicos. Os metais exibem também, sob certas condições, a característica de mobilidade, podendo ser transportados a grandes distâncias, contaminando áreas distantes da fonte geradora.

2.7.1. Métodos para a determinação dos teores totais dos metais e seu potencial de uso para fins ambientais

A determinação do teor total dos metais é importante para avaliar o grau de contaminação do solo. Conforme citado por Bianchin (2011), diferentes metodologias estão sendo aplicadas com o objetivo de determinar teores totais de metais em solos, e as mais comuns utilizam combinações de diferentes ácidos inorgânicos a quente: HNO_3 -HCl (Wenzel e Jockwer, 1999); HNO_3 - $HClO_4$ (Köleli, 2004); HNO_3 - H_2O_2 (Costa, 2005); HF-HCl- HNO_3 (Cappuyens e Swennen, 2008), HNO_3 - H_2O_2 -HCl (USEPA, 1996b), ou ainda, a digestão com ácidos inorgânicos assistida por micro-ondas (USEPA, 1996c).

Os teores totais de metais no solo, mesmo não fornecendo uma indicação da sua disponibilidade ou toxicidade potencial (Hooda, 2010), têm sido uma das principais referências de suporte para o estabelecimento de leis visando a definição de limites de acúmulo de metais no solo, citando-se como exemplo, a União Europeia (McGrath et al., 1994; European Union, 2009), Brasil (BRASIL, 2006), EUA (United States, 1999) e Gra-Bretanha (Department for Environment, Food and Rural Affairs, 2009). As projeções quanto aos riscos ao ambiente e à vida terrestre devido aos excedentes de Cu, Zn e Mn no solo geralmente são feitas com base nos teores totais nas águas, nas plantas e/ou no solo sob a influencia dos referidos excedentes (Hooda, 2010). O grau das

ameaças e/ou a necessidade de ações corretivas são avaliados confrontando-se os resultados obtidos nas análises com valores de referência preestabelecidos como sendo toleráveis ou desejáveis quanto à produtividade do solo e à qualidade e/ou riscos ao ambiente e a saúde pública (BRASIL, 2005; BRASIL, 2006; BRASIL, 2009; BRASIL, 2011), União Europeia (McGrath et al., 1994; European Union, 2009), EUA (United States, 1999) e Gra-Bretanha (Great Britain, 2009).

2.7.2. Métodos de diagnóstico da fertilidade do solo como indicadores de riscos ambientais

Ainda que seja motivo de debate qual ou quais seriam os métodos mais adequados para a avaliação dos riscos ambientais associados ao uso dos dejetos animais como fertilizantes do solo, há necessidade de se testar e desenvolver metodologias apropriadas a tal finalidade. Estudos recentes têm demonstrado, no entanto, que alguns métodos desenvolvidos para fins de diagnóstico da fertilidade do solo poderão ser utilizados também para propósitos ambientais, inclusive em áreas de uso de dejetos animais como fertilizantes do solo (Seganfredo, 2013).

Para fins práticos, a fração biodisponível de um determinado metal inclui todas as formas presentes nas fases sólida e líquida do solo potencialmente disponíveis às plantas e para a absorção pelos organismos residentes no solo (Hooda, 2010). Com isso, os métodos de determinação de metais disponíveis para fins de diagnóstico da fertilidade do solo possivelmente possam ser utilizados para fins ambientais, uma vez que permitem a identificação de excedentes no solo devido às fontes antrópicas (Seganfredo, 2013).

2.8. Aspectos normativos para a determinação de áreas contaminadas

Em geral, no Brasil, são utilizadas três referências para valores orientadores de qualidade do solo: a CETESB - Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas – 2005, as Normas Holandesas de classificação de solos – 1994, e a Resolução CONAMA nº 460/2013. Na Holanda, a classificação dos solos é conforme os níveis de contaminação, de ocupação da

área e dos riscos potenciais. Os solos são classificados em níveis S, I, ou T, sendo S considerado um solo não-contaminado; I, quando existe a necessidade de remediação; e T, um valor médio entre S e I, que indica a necessidade de investigações mais detalhadas.

A CETESB se baseia nas normas holandesas para as regulamentações da contaminação de solos e águas subterrâneas, determinando valores orientadores: Valor de Referência de Qualidade (VRQ), que é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea, que define um solo como limpo ou a qualidade natural da água subterrânea; Valor de Prevenção (VP) é a concentração de determinada substância, acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo e da água subterrânea; Valor de Intervenção (VI), onde existe a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana (CETESB, 2005). A Resolução CONAMA nº 460/2013 também se baseia em Valores Orientadores de Referência de Qualidade, de Prevenção e de Investigação.

O uso das normas holandesas, de forma direta, pode levar à avaliações inadequadas, já que existem diferenças nas condições climáticas, tecnológicas e pedológicas de cada país. Os critérios das normas holandesas são diferentes em alguns pontos da CETESB e da Resolução CONAMA nº 460, pois consideram, por exemplo, os teores de umidade e de matéria orgânica na limitação dos distintos usos do solo.

Os teores totais de metais no solo, ainda que não necessariamente forneçam uma indicação da sua disponibilidade ou toxicidade potencial (Hooda, 2010), têm sido uma das principais referências de suporte para o estabelecimento de normas/leis com a determinação de limites de acúmulo de metais em solos. No Brasil, a Resolução CONAMA nº 420, de 29 de dezembro de 2009, alterada pela Resolução CONAMA nº 460, de 30 de dezembro de 2013, estabelece limites de concentrações para o Cu e o Zn em solos, determinados conforme metodologia USEPA 3050b (1996) (Tabela 1.).

TABELA 1. Valores Orientadores para metais em solos conforme Resolução CONAMA n° 420/2009.

Elemento	Referências de qualidade	Prevenção (VP)**	Valores de Investigação (VI)**		
			Áreas agrícolas	Áreas residenciais	Áreas industriais
-----Teores* em mg kg ⁻¹ de solo-----					
Cobre	E****	60	200	400	600
Zinco	E****	300	450	1.000	2.000

Fonte: ANEXO II - LISTA DE VALORES ORIENTADORES PARA SOLOS, CONAMA n° 420/2009.

Onde: *Teores totais (Metodologia USEPA 3050b), ** V.I. é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerando um cenário de exposição padronizado (Artigo 6°, CONAMA 420/2009), *** V.P. é a concentração de valor limite de determinada substância no solo, tal que ele seja capaz de sustentar as suas funções principais de acordo com o Artigo 3° (Artigo 6°, CONAMA 420/2009) e **** Valores a serem definidos pelos Estados da Federação.

3. HIPÓTESES E OBJETIVOS

3.1. Hipóteses

3.1.1. A ração fornecida aos suínos nas diferentes fases de criação apresenta superdosagem de cobre, zinco e manganês;

3.1.2. Os dejetos líquidos de suínos (DLS) apresentam composição diferente conforme fase de criação.

3.1.3. A aplicação sistemática de DLS em áreas de uso agrícola pode alterar os teores e a biodisponibilidade de cobre, zinco e manganês em solos.

3.1.4. A aplicação continuada de DLS com altas concentrações de sódio em áreas agrícolas pode resultar em alterações nas propriedades físicas e químicas do solo.

3.2. Objetivos

3.2.1. Determinar teores de Cu, Zn, Mn e Na em amostras de rações que são ofertadas aos animais e em DLS de duas fases de criação de suínos (Terminação e creche);

3.2.2. Analisar amostras de solos de áreas de aplicação de DLS de duas fases de criação (terminação e creche) e identificar possíveis impactos ambientais e sanitários relacionados aos teores totais e biodisponíveis de Cu, Zn e Mn.

3.2.3. Avaliar os teores de Na e a porcentagem de agregados resistentes à água, em áreas de aplicação de DLS de duas fases de criação (terminação e creche);

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local do trabalho

A região do Vale do Taquari é formada por 36 municípios³, dentre estes está o município de Arroio do Meio. A região apresenta uma economia bastante diversificada, destacando-se a atividade agroindustrial, com ênfase na produção de proteína animal, correspondendo a uma das regiões com maior densidade média de suínos ha⁻¹ do Estado do Rio Grande do Sul (IBGE, 2012) (Figura 3.).

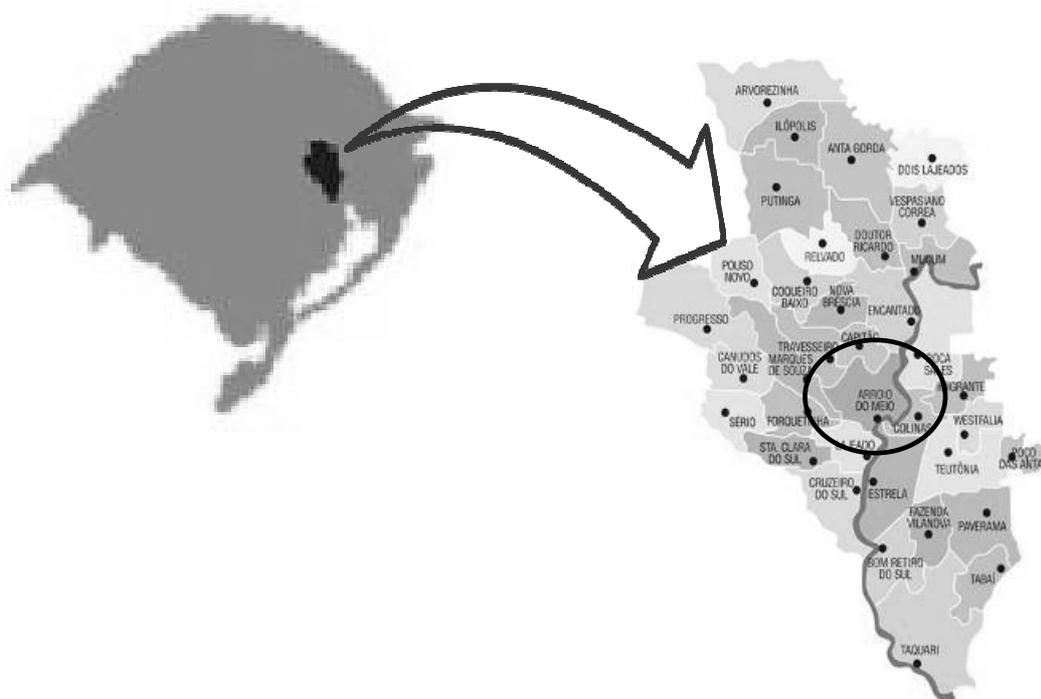


Figura 3. Localização geográfica do município de Arroio do Meio

³Anta Gorda, Arroio do Meio, Arvorezinha, Bom Retiro do Sul, Canudos do Vale, Capitão, Colinas, Coqueiro Baixo, Cruzeiro do Sul, Dois Lajeados, Doutor Ricardo, Encantado, Estrela, Fazenda Vilanova, Forquetinha, Ilópolis, Imigrante, Lajeado, Marques de Souza, Muçum, Nova Bréscia, Paverama, Poço das Antas, Pouso Novo, Progresso, Putinga, Relvado, Roca Sales, Santa Clara do Sul, Sério, Tabáí, Taquari, Teutônia, Travesseiro, Vespasiano Corrêa e Westfália.

O município de Arroio do Meio é limitado ao norte, pelos municípios de Capitão e Travesseiro; ao sul, pelos municípios de Estrela e Colinas; ao leste, pelos municípios de Encantado e Roca Sales e ao oeste, pelo município de Lajeado (Agência de Desenvolvimento Regional do Vale do Taquari, 2014).

Segundo dados do Censo Demográfico do IBGE (2013) a população do município é de 19.792 habitantes, a área de 157,96 km² e o bioma é definido como Mata Atlântica. Nas planícies de inundação dos rios Forqueta e Taquari, o uso do solo por práticas agrícolas, principalmente cultivos de soja e milho, é intensivo, representando quase metade da área municipal (49%) equivalendo a uma área de 74,74 km². O uso agrícola que ocorre nos patamares e encostas dos morros corresponde principalmente ao cultivo de milho e reflorestamento de eucalipto, equivalendo a 9,37 km² ou 6,14 % do município. Assim, no total, Arroio do Meio apresenta mais da metade do seu território (55,14%) ocupado pelo uso agrícola, uma área de aproximadamente 84,11 km² (Thomas, 2012).

4.2. Definição das propriedades

A primeira etapa do trabalho consistiu em reunir informações sobre as propriedades suinícolas no município de Arroio do Meio. E, com base nas licenças ambientais emitidas pelo Departamento de Meio Ambiente da Prefeitura de Arroio do Meio (DMA) e pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) foi feita uma listagem com as propriedades suinícolas ativas e licenciadas no município. Obteve-se um total de 72 empreendimentos, com um plantel de 84.950 animais, divididos em sistemas de criação “creche” (49.170 suínos) e “terminação” (35.780 suínos). Constatou-se que grande parcela dos suínos (29.150 suínos, aproximadamente 34% do plantel do município), estava localizada em áreas lindeiras aos principais rios do município, Rio Forqueta e Rio Taquari, nas localidades de Forqueta e Forqueta Baixa. Assim, foram selecionadas aleatoriamente, 10 propriedades produtoras de suínos com licença ambiental vigente nas localidades de Forqueta e Forqueta Baixa (cinco com criação de suínos na fase creche e cinco com criação de suínos na fase terminação), abrangendo aproximadamente 46% do

plantel das localidades (13.420 suínos). As cópias das licenças de operação (LO's) das propriedades são apresentadas nos Apêndices 1.

4.3. Coleta e caracterização das amostras de rações

Para a coleta das rações, levou-se em consideração a fase de criação e as diferentes integradoras. As propriedades produtoras de suínos da fase creche são pertencentes a uma única empresa integradora (Integradora A - C_A). As propriedades produtoras de suínos da fase terminação pertencem a três empresas integradoras distintas (T_A, T_B e T_C). As amostras foram coletadas diretamente do comedouro dos suínos, armazenadas em sacos plásticos e devidamente identificadas.

Foram coletadas amostras de rações fornecidas para suínos da fase creche (C) e terminação (T) fornecidas pelas integradoras:

1. Fase Creche - Ração pré-inicial – **Integradora A (C_{iA})** –fornecida por 7 a 14 dias após o desmame (até os 35 dias de idade).
2. Fase Creche - Ração final - **Integradora A - (C_{fA})** fornecida para leitões com tempo de vida maior ou igual há 36 dias.
3. Fase Terminação - Ração fornecida aos suínos na fase de criação Terminação (**Integradora A (T_A)**, **Integradora B (T_B)** e **Integradora C (T_C)**).

As análises químicas e físicas das amostras de rações foram realizadas pelo Laboratório de Análises do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A cópia dos laudos emitidos pelo Laboratório encontram-se nos Apêndices 2.

4.4. Coleta e caracterização das amostras de dejetos líquidos de suínos

As amostras de DLS das diferentes fases de criação foram coletadas no mesmo dia, em propriedades de suinocultores no município de Arroio do Meio/RS. A coleta foi realizada com o auxílio de um recipiente amarrado a uma corda de nylon e lançado dentro da lagoa, mergulhado e posteriormente retirado (Figura 4.).



Figura 4. Detalhamento do processo de coleta dos DLS.

O material foi armazenado em frascos plásticos, devidamente desinfetados e identificados, e conservados sob refrigeração ($\pm 4^{\circ}\text{C}$). Foram coletadas amostras de dejetos de propriedades produtoras de suínos da fase terminação (T), pertencentes a três integradoras distintas (T_A , T_B e T_C). As propriedades produtoras de suínos da fase creche pertencem a uma única empresa integradora (C_A). As amostras de DLS foram identificadas como:

1. Amostra Terminação *in natura* (coletada diretamente da canaleta - sem estabilização) – Integradora A (T_{A1})
2. Amostra de DLS do sistema Terminação (Integradora A - (T_{A2}), Integradora B (T_B) e Integradora C (T_C)).
3. Amostra de DLS do sistema Creche pré-inicial – **Integradora A (C_{iA})** – suínos após o desmame (até os 35 dias de idade).
4. Amostra de DLS do sistema Creche final - **Integradora A - (C_{fA})** suínos com tempo de vida maior ou igual há 36 dias.

As análises químicas e físicas dos DLS foram realizadas pelo Laboratório de Análises do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A cópia dos laudos emitidos pelo Laboratório encontram-se nos Apêndices 3.

4.5. Coleta das amostras de solo

Com base nas informações prévias obtidas junto aos extensionistas da Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) e técnicos da Secretaria Municipal de Agricultura, foi realizado um levantamento de reconhecimento, com base em prospecções a intervalos regulares, com a utilização de Mapas georreferenciados (escala 1:50.000) para orientação. A densidade de amostragem foi de 10 observações por km² (levantamento de reconhecimento de alta intensidade), conforme metodologia proposta pela Santos (1995). Assim, foram coletadas cinco amostras estratificadas das camadas superficiais e subsuperficiais (0-0,025 m, 0,025-0,05 m, 0,05-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m) dos solos em cada uma das dez propriedades, além de quatro áreas de referência (matas), obtendo-se assim, 54 pontos amostrais na área de 4,51 km² (localidades de Forqueta e Forqueta Baixa).

Para a coleta das amostras de solo, foi utilizada uma pá de corte (0-0,025 m, 0,025-0,05 m, 0,05-0,10 m, 0,10-0,20 m) (Figura 6. (A) e (B)) e um trado holandês (0,20-0,40 m) (Figura 6. (C)).



Figura 5. Detalhamento: (A) Coleta das amostras de solo da camada 0 – 0,20 m, (B) estratificação da amostra e (C) coleta das amostras de solo da camada de 0,20 – 0,40 m

Para a realização das coletas, foram observadas as instruções do Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise de qualidade ambiental: solo, água e sedimentos (Filizola, 2006).

As amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificadas (Figura 7. (A)) e armazenadas em casa-de-vegetação (Figura 7. (B)), onde foram secas ao ar e tamisadas em peneira de 2 milímetros, obtendo-se a fração terra fina seca ao ar (TFSA).



Figura 6. Detalhe: (A) armazenamento das amostras coletadas em sacos plásticos e (B) amostras dispostas em casa de vegetação para secagem.

Os atributos químicos dos solos foram determinados pelo Laboratório de Análises de Solos do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria, conforme metodologias descritas por Tedesco et al.(1995). Os atributos químicos das amostras de solo é apresentada nos Apêndices 4 (propriedades) e 5 (áreas de referência).

4.6. Determinação dos atributos químicos dos solos

Os teores de matéria orgânica (MO), pH em água e SMP foram obtidos conforme descrito em Tedesco et al. (1995). Pela mesma metodologia foram determinados os teores de cátions trocáveis (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} e K^{+}).

Para a determinação do pH em água mediu-se 10 mL de solo seco e moído em peneira de 2 mm; al qual adicionou-se 10 mL de água destilada misturando-se com um bastão de vidro. As amostras foram deixadas em repouso por 30 minutos; após misturadas novamente e imediatamente foi medido o pH com potenciômetro previamente calibrado com as soluções tampão (pH 4,0 e 7,0).

A granulometria do solo (%), foi determinada quantificando-se os teores: argila e areia (Método da Pipeta), conforme Tedesco et al., (1995).

Para a extração dos íons Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ e K^+ , foi utilizada a solução de acetato de amônio ($\text{NH}_4\text{+OAc}$), cujo princípio é o deslocamento dos cátions, pelo íon amônio (NH_4^+) a pH tamponado em 7,0. Para a determinação desses íons foram pesadas 2,5 g de solo em frascos “snap cap” de 100 mL adicionando-se, após, 50 mL de $\text{NH}_4\text{+OAc}$ 1 mol L^{-1} . Os frascos foram colocados em agitador horizontal por 30 minutos e deixados em repouso por 16 horas. Depois desse período, foram transferidos 5 mL do sobrenadante para leitura de Ca e Mg e 10 mL do mesmo para Na e K. Para a determinação de Ca e Mg, adicionou-se 5 mL cloreto de estrôncio (SrCl_2) à alíquota e em seguida analisou-se no espectrômetro de absorção atômica (Perkin-Elmer 2380). No fotômetro de emissão de chamas (NK 2000, Digimed) foram determinados K e Na.

A partir dos dados analíticos foram determinados o Al^{+3} trocável, a CTC a pH7,0 e a CTC efetiva, a soma de bases (SB), a saturação por alumínio (m%) e a saturação por bases (V%) conforme Tedesco et al. (1995). O H+Al foi obtido pela equação adotada pela Comissão de Química e Fertilidade dos Solos do Rio Grande de Sul e Santa Catarina (2004). O ΔCTC representa a diferença entre a CTCpH7 e a CTC efetiva.

Para o fósforo disponível, foi utilizado o extrator Mehlich 1 e a determinação foi realizada em um espectrofotômetro UV-1600, com comprimento de onda (λ) de 882 nm (Tedesco et al., 1995).

4.7. Determinação da porcentagem de agregados estáveis em água

Para a determinação dos agregados estáveis em água (EMBRAPA 2006), foram pesadas amostras de 50 gramas de solo, em duplicata. As

amostras foram pré-umedecidas por 15 minutos, transferidas, com auxílio de jatos de água, para um conjunto de peneiras de 4,76, 2,00, 1,00, 0,25 e 0,50 mm e agitadas em água com auxílio de um agitador de oscilação vertical, com 42 oscilações por minuto, durante 15 minutos (Figura 8. (A) e (B)).



Figura 7. Detalhe: (A) agitador de oscilação vertical, (B) transferência das amostras com auxílio de jatos de água

O material retido em cada peneira foi transferido para latas de alumínio previamente pesadas e seco em estufa a 100°C por 24 horas. Após a secagem, o material foi pesado e quantificado (Figura 9. (A) e (B)).



Figura 8. Detalhe: (A) secagem das amostras em estufa e (B) pesagem das amostras secas.

Para a determinação da porcentagem de agregados estáveis em água (AGR) e para a definição do diâmetro médio ponderado (DMP), foram utilizadas as fórmulas, conforme as expressões (1) e (2) respectivamente:

$$\text{AGR} = (m \text{ AGR}_i / \Sigma m \text{ AGR}_i) \times 100 \quad (1)$$

Onde:

AGR= agregados por classe de peneira (%)

mAGR_i = massa de agregados da classe x (menos material inerte)

Σ m AGR_i= massa total de agregados das n-classes (menos material inerte)

$$\text{DMP} = (\Sigma m \text{ AGR}_i \times x_i) / \Sigma m \text{ AGR}_i \quad (2)$$

Onde:

DMP= diâmetro médio ponderado (mm)

x_i= valor médio da classe de agregados obtido por (diâmetro da malha superior + diâmetro da malha inferior) / 2

4.8. Determinação dos teores totais de Cu, Zn e Mn no solo

O CONAMA, em sua normativa de dezembro de 2009 realizou um avanço ao estabelecer os métodos 3050b e 3051a do *United State Environmental Protection Agency* (USEPA), e suas atualizações, como métodos padrão para a obtenção dos teores de metais em solos do Brasil. Por estas razões, os teores totais de cobre, zinco e manganês foram determinados pelo método USEPA 3050b (USEPA, 1996), em consonância com a recomendação da resolução vigente no país (BRASIL, 2013).

Para a extração, foram utilizadas amostras de 1,0 grama de solo, que foi digerido com 10 mL de ácido nítrico (HNO₃) diluído (1:1) em água deionizada, em bloco digestor aberto, por 15 minutos a 95±5°C. As amostras foram resfriadas e depois adicionados 5 mL de HNO₃ concentrado e novamente levadas ao bloco digestor para aquecimento a 95±5°C por 2 horas. Após resfriadas, foram adicionados 2 mL de água deionizada e 3 mL de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) 30% (enquanto houve fervura adicionou-se H₂O₂ em alíquotas de 1 em 1 mL até no máximo 10 mL). A seguir, as amostras foram novamente colocadas no bloco digestor por mais 2 horas a 95±5°C. Então,

foram adicionados 10 mL de ácido clorídrico (HCl) concentrado, com aquecimento a $95\pm 5^{\circ}\text{C}$ por mais 15 minutos. Por fim, os extratos foram resfriados e avolumados em balões volumétricos de 100 mL com água deionizada. As alíquotas foram filtradas em papel filtro nº JP 42 e armazenadas para posterior quantificação. Os teores de Cu, Zn e Mn nos extratos foram determinados por espectrometria de absorção atômica em chama (EAA-C) (Varian, AA 110).

4.9. Determinação dos teores biodisponíveis de Cu e Zn

Os teores biodisponíveis de cobre e zinco foram extraídos conforme metodologia proposta por Tedesco et al, (1995). Para a extração, foram utilizadas amostras de 5 gramas de solo em 20 mL de ácido clorídrico (HCl) $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, com agitação horizontal por 30 minutos. O material foi deixado para decantação por 15 horas e uma amostra de sobrenadante foi retirada para análise. Os teores de cobre e zinco nos extratos foram determinados por espectrometria de absorção atômica em chama (EAA-C) (Varian, AA 110).

4.10. Determinação do teor biodisponível de Mn

Os teores biodisponíveis de Mn foram extraídos conforme metodologia proposta por Tedesco et al. (1995). Para a extração, foram utilizadas amostras de 1,0 grama de solo em 20 mL de cloreto de potássio (KCl) $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, com agitação horizontal por 30 minutos. O material foi deixado para decantação por 15 horas e uma amostra do sobrenadante foi retirada para análise. Os teores de manganês nos extratos foram determinados por espectrometria de absorção atômica em chama (EAA-C) (Varian, AA 110).

4.11. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a comparação entre médias (Tukey 5%), utilizando-se o software ASSISTAT 7.7 beta (2014).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização da ração e dos dejetos líquidos de suínos em duas fases de criação (creche e terminação)

5.1.1. Rações

5.1.1.1. Teor de cobre

Os teores de cobre apresentaram diferenças entre as amostras analisadas (Tabela 2). Os teores determinados nas amostras de rações da fase terminação variaram de 23 a 199 mg Cu kg⁻¹ de ração e nas amostras de rações da fase creche variaram de 142 e 190 mg Cu kg⁻¹. Os teores de Cu encontrados nas rações são maiores do que os indicados por Nicolaiewsky e Prates (1995), Brasil (2000) e NRC (2012), onde os teores sugeridos estão entre 4-18 mg Cu kg⁻¹ de ração para a fase de creche e entre 3-10 mg Cu kg⁻¹ de ração para a fase de terminação.

TABELA 2. Teores de Cu, Zn, Mn e Na em amostras de rações oferecidas aos suínos nas fases creche e terminação de diferentes empresas integradoras.

Rações	Cu	Zn	Mn	Na
	----- mg kg ⁻¹ -----			--- % ---
Amostra C _{iA}	190	3.900	70	0,30
Amostra C _{fA}	142	314	61	0,20
Amostra T _A	159	138	59	0,16
Amostra T _B	199	128	55	0,28
Amostra T _C	23	135	75	0,25

Onde: C_{iA} – ração pré-inicial fase creche; C_{fA} – ração final creche (tempo de vida maior ou igual há 36 dias); T – rações fornecidas para suínos da fase terminação (diferentes integradoras)

¹Médias de duas avaliações (Laboratório de Análise de Solos/UFRGS)

Mattias (2006) obteve resultados semelhantes aos deste estudo, onde foram encontrados teores de 127,3 mg Cu kg⁻¹ de ração fornecida para leitões na fase creche e 112,8 mg Cu kg⁻¹ de rações fornecidas para a fase de

terminação. Conforme apontado por Carson (1992) os teores de Cu não estão em níveis que poderiam causar toxidez aos animais, pois segundo este o autor teriam que ser maiores do que $250 \text{ mg Cu kg}^{-1}$ de ração. As altas doses de Cu nas rações podem estar relacionadas à ação antibacteriana apresentada pelo elemento. O Cu é adicionado rotineiramente em doses maiores as requeridas pelos animais desde que a ação farmacológica do sulfato de cobre (CuSO_4) mostrou-se um grande estimulador ao crescimento de leitões (Cromwel et al., 1989). Os teores sugeridos pelos mesmos autores para o efeito antibacteriano estão na faixa de $100 - 250 \text{ mg Cu kg}^{-1}$ de ração, teores semelhantes aos encontrados neste trabalho.

5.1.1.2. Teor de zinco

Os teores de zinco apresentaram diferenças entre as amostras de rações analisadas. Os teores determinados nas amostras de rações da fase terminação variaram de 128 até $135 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ de ração e nas amostras de rações da fase creche variaram de 314 a $3.900 \text{ mg Zn kg}^{-1}$. Os maiores teores foram encontrados nas rações fornecidas aos suínos na fase de creche (Tabela 2).

Há discordância entre valores sugeridos como normais ou tóxicos. Os teores obtidos na análise de ração fornecida para os suínos da fase creche (C_{iA} - ração pré-inicial) são maiores que os considerados como seguro para suínos jovens (2.400 e $3.000 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ de ração) (NRC, 2012). Hahn e Baker (1993) relacionam o controle da *Escherichia coli* e o uso farmacológico do Zn pelo uso da suplementação com o Óxido de zinco (ZnO). Segundo o NRC (2012) teores considerados seguros para os leitões, o que é endossado por Carson (1992), seriam no máximo de $300 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ de ração, possivelmente porque sais em grandes quantidades não são palatáveis.

Níveis farmacológicos (2.000 a $3.000 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ de ração) são adicionados as rações de leitões desmamados, objetivando evitar diarreias e especialmente como promotores de crescimento. Esta é uma fase na qual se observa uma maior variação na complexidade das rações entre os sistemas de produção. Tal variação é consequência da complexidade do plano nutricional vigente e da realidade de cada um destes sistemas de produção (Dias et al.,

2011. Yagüe (2008) destaca que desde janeiro de 2006 o uso de todos os antibióticos promotores de crescimento (carbadox, tilosina, salinomicina, β avofosfolipol, bacitracina de zinco) foram suprimidos da listagem permissiva de países europeus. Teores de Zn ditos farmacológicos (2000 a 3000 mg Zn kg⁻¹ de ração) estão proibidos na França, Alemanha e Holanda, enquanto que Espanha, Dinamarca, Inglaterra e Itália adotaram a estratégia de uso destes teores durante as duas primeiras semanas após o desmame, sob controle veterinário (Gaudré e Quiniou, 2009).

Os teores de Zn encontrados nas rações são maiores do que os indicados por Nicolaiewsky e Prates (1995), Brasil (2000) e NRC,(2012), onde os teores sugeridos estão entre 50 - 180 mg Zn kg⁻¹ de ração para a fase de creche e entre 50 - 80 mg Zn kg⁻¹ de ração para a fase de terminação. Mattias (2006) encontrou teores de Zn em amostras de ração 122,1 mg Zn kg⁻¹ de ração na fase de produção de leitões e 62,4 mg Zn kg⁻¹ de ração na fase de terminação valores consideravelmente menores aos resultados observados nas análises realizadas para essa pesquisa. Van Heugten (2003) descreve que a suplementação de Zn em dietas sugeridas pelas agroindústrias é constantemente maior do que os sugeridos pelas pesquisas, principalmente após o desmame. Dalla Costa et al. (2001) destaca como um fato importante, que 8,3% das propriedades estudadas na pesquisa realizada em granjas de suínos na fase creche no estado Estado do RS, apresentaram rações pré-iniciais que continham mais de 3.200 mg Zn kg⁻¹ de ração, o que caracteriza uma superdosagem com risco negativo para o desempenho dos leitões.

5.1.1.3. Teor de manganês

Os teores de Manganês (Mn) apresentaram diferenças entre as amostras analisadas. Os teores determinados nas amostras de rações da fase terminação variaram de 55 a 75 mg Mn kg⁻¹ de ração e nas amostras de rações da fase creche variaram de 61 e 70 mg Mn kg⁻¹ de ração. As maiores variações foram encontradas nas rações fornecidas aos suínos na fase terminação (maior e menor valor) (Tabela 2). Os teores de Mn encontrados nas rações são maiores do que os sugeridos por Carson (1992), Nicolaiewsky e Prates (1995), Brasil (2000) e Nacional Research Council - NRC,(2012), onde

os teores sugeridos estão entre 2 - 10 mg Mn kg⁻¹ de ração para ambas as fases de criação (creche e terminação)

Apple et al. (2004) indicam que uma suplementação de 320 a 350 mg Mn kg⁻¹ nas rações de suínos em crescimento melhora a qualidade da carne animal. Os mesmos autores salientam ainda que estes teores não interferem negativamente no desempenho e nem na qualidade do produto final. Carson (1992) afirma que suplementações na ordem de 50 mg Mn kg⁻¹ de ração podem reduzir o crescimento e diminuir o apetite de suínos jovens e que doses extremas de 4.000 mg Mn kg⁻¹ de ração causam rigidez e interferem a capacidade de locomoção. Andriquetto (2001) afirma genericamente que a demanda de Mn por suínos situa-se na faixa de 20 – 50 mg kg⁻¹ de ração. Rostagno et al. (2011) não estabelecem valores de recomendação para a suplementação de Mn.

5.1.1.4. Teor de sódio

As porcentagens de sódio (Na) nas amostras de rações, os resultados apresentaram diferenças. Os teores de Na determinados nas amostras de rações da fase terminação variaram de 0,16 a 0,28% e nas amostras de rações da fase creche variaram de 0,20 a 0,30% (Tabela 2.).

Moral et al. (2008) descrevem que o cloreto de sódio (NaCl) é adicionado as rações oferecidas aos animais em confinamento, objetivando melhorar o sabor das rações e, também, para manter o equilíbrio entre cátions e ânions (aumentar a retenção de água em suínos antes do abate). Essa adição resulta em um aumento da salinidade do DLS e, conseqüentemente de seu acúmulo no solo (Li-Xian et al., 2007).

O sódio e o cloro são nutrientes de baixo custo e sua manipulação pouco influencia no custo final da ração, resultando em poucas pesquisas sobre o tema. Entretanto, níveis dietéticos adequados são necessários para otimizar o desempenho dos animais (Rondón et al., 2000). Rostagno et al. (2011), salientam sobre a escassez de informações experimentais sobre as exigências de sódio, de potássio e de cloro para as dietas de suínos. Entretanto, os mesmos autores incluem recomendações destes nutrientes para a obtenção de um balanço eletrolítico adequado nas rações de suínos.

As concentrações de Na observadas são maiores do que as recomendações. Rostagno et al. (2011), sugerem teores de 0,23 – 0,28% de sódio por quilograma de ração para leitões na fase Pré-Inicial e teores de 0,10% de sódio por quilograma para fase de Terminação. Para o NRC (2012), suínos em fase inicial devem receber uma suplementação de 0,28 – 0,40% de sódio por quilograma de ração o que corrobora com os teores encontrados nesta pesquisa. Nicolaiewsky e Prates (1995) sugerem valores bem inferiores aos encontrados (0,10% de sódio por quilograma de ração para ambas as fases de criação). Lima et al. (2012) compararam os valores propostos por duas publicações para suínos machos castrados em crescimento e terminação (Rostagno et al., 2011) e o Nutrient Requirements of Swine (NRC 2012), os autores constataram que as duas referências estudadas apresentaram exigências similares na fase inicial (1,9% de diferença). Porém, para as demais fases (suínos a partir de 25 e 30 kg) os níveis sugeridos de sódio apresentaram diferenças marcantes entre as referências, chegando a diferenças de 50%. A exigência do Na diferiu em 26,47% e em 41,71% em base percentual e em g kg^{-1} de ganho de peso, respectivamente, entre as duas referências. Estas diferenças em exigências para o sódio predispõem a maiores consumos de água e, conseqüentemente, maiores volumes de dejetos.

Dietas com altas concentrações de Na aumentam a produção de urina e, portanto, a produção total de DLS, fato que deve ser considerado significativo do ponto de vista ambiental quando analisadas os impactos dos diferentes sistemas de produção de suínos (Kiefer et al., 2010). Quando analisados os fatores que sofrem maior interferência do produtor, a qualidade e a quantidade de ração são especialmente importantes, pois quanto mais rica a alimentação, mais concentrados os DLS. E considerando que dos nutrientes ingeridos via ração, a conversão dos nutrientes em ganho de peso fica entre 30 - 60%, sendo o restante eliminado via fezes e urina (Seganfredo, 2013).

5.1.1.5. Estimativa da quantidade de metais excretado pelos animais

O NRC (2012) sugere que a ingestão diária de ração seja de 585 gramas (fase pré-desmame), 758 gramas (creche) e 867 – 917 gramas para animais na fase de terminação. Kornegay e Harper (1997) definem que a taxa

de assimilação do Cu pelo organismo dos suínos é na faixa de 5 - 30%. Considerando a melhor taxa de absorção (30%) dos teores de Cu fornecidos aos animais via ingestão de ração, podemos estimar que na fase de creche (fase pré-desmame) os teores de Cu excretados seriam de aproximadamente 78 mg Cu dia⁻¹, na fase de creche (final) seriam de aproximadamente 75 mg Cu dia⁻¹ e na fase de terminação 80 mg Cu dia⁻¹, para cada suíno do plantel. Mattias, (2006), define que a melhor taxa de absorção do Zn pelos suínos é de 30%, assim, podemos estimar que na fase de creche (fase pré-desmame) os teores de Zn excretados seriam de aproximadamente 1.597 mg Zn dia⁻¹, na fase de creche (final) seriam de aproximadamente 164 mg Zn dia⁻¹ e na fase de terminação 82 mg Zn dia⁻¹, para cada suíno do plantel. O mesmo autor considerou em sua pesquisa que a taxa máxima de assimilação do Mn pelos suínos é de 10%, seguindo o mesmo cálculo, podemos estimar que na fase de creche (fase pré-desmame) os teores de Mn excretados seriam de aproximadamente 36 mg Mn dia⁻¹, na fase de creche (final) seriam de aproximadamente 43 mg Mn dia⁻¹ e na fase de Terminação 57 mg Mn dia⁻¹, para cada suíno do plantel. Do ponto de vista ambiental, essas altas dosagens podem ocasionar impactos significativo, uma vez que o excesso será excretado via fezes e urina, aumentando as concentrações dos elementos nos DLS (Tabela 3.)

TABELA 3. Estimativa da quantidade de metais (Cu, Zn, Mn) excretados pelos suínos diariamente e no período de 120 dias

Fase de criação	Número de animais ¹	Valor diário excretado			Total em 120 dias ²		
		Cu	Zn	Mn	Cu	Zn	Mn
		-- mg animal dia ⁻¹ --			----- kg -----		
Creche (pré-desmame)	1.405	78	1.597	36	13	269	6
Creche	1.405	75	164	43	13	28	7
Terminação	497	80	82	57	5	5	3

¹ Média obtida da análise de 34 Licenças de Operação em vigor (Creche) e 72 Licenças de Operação (Terminação)

² Tempo de retenção dos DLS nas lagoas de estabilização (aproximadamente 2-3 lotes de animais)

5.1.2. Dejetos líquidos de suínos (DLS)

Os DLS caracterizam-se por uma mistura de urina, fezes, restos de ração, excesso de água dos bebedouros e pela água de lavagem das pocilgas onde são criados os animais, com o volume variando conforme o número de animais e a fase de criação.

5.1.2.1. Teores de cobre, zinco e manganês.

Os teores de cobre, zinco e manganês apresentaram diferenças entre as amostras de DLS analisadas. Os teores de Cu determinados nas amostras de DLS da fase terminação variaram de 4 a 18 mg L⁻¹ e nas amostras de DLS da fase creche variaram de 4 a 11 mg L⁻¹ (Tabela 4.). Os teores de Zn determinados nas amostras de DLS da fase terminação variaram de 6 a 17 mg L⁻¹ e nas amostras de DLS da fase creche variaram de 29 a 92 mg L⁻¹ (Tabela 4.). Os teores de Mn determinados nas amostras de DLS da fase terminação variaram de 2 a 7 mg L⁻¹ e nas amostras de DLS da fase creche variaram de 2 e 3 mg L⁻¹. (Tabela 4.).

TABELA 4. Teores de Cu, Zn, Mn e Na em amostras de DLS das fases creche e terminação alimentados com rações fornecidas por diferentes empresas integradoras

DLS	Cu	Zn	Mn	Na
	----- mg L ⁻¹ -----			
Creche _{pré-desmame} (C _{iA})	11	92	3	499
Creche _{final} (C _{fA})	4	29	2	140
Terminação _{in natura} (T _{A1})	18	17	7	886
Terminação (T _{A2})	6	8	3	483
Terminação (T _B)	4	6	2	1.200
Terminação (T _C)	8	8	3	303

Médias de duas avaliações (Laboratório de Análise de Solos/UFRGS)

Os teores dos metais nos DLS refletem o que é demonstrado por esta pesquisa (Tabela 2.), onde, quando relacionadas às necessidades nutricionais dos animais e as quantidades dos elementos fornecidas via rações: há ocorrência de superdosagem. Tais observações incrementam as hipóteses que sugerem que, o excesso de nutrientes ingeridos na ração são excretados nas fezes e urina e liberado para o ambiente. Simioni et al. (2002) encontraram

dados similares trabalhando com dietas diferenciadas de Cu e Zn para suínos. Os autores encontraram relação entre os teores fornecidos nas rações e os encontrados nos dejetos, onde dietas ricas em Cu e Zn refletiram estas concentrações nos DLS. Desta forma parece ser interessante a ideia de minimizar os efeitos das adições de dejetos no ambiente a partir de alterações na composição das rações fornecidas aos animais.

Com a utilização do Cu como promotor de crescimento e do Zn para controle de diarreias, conseqüentemente, haverá maiores teores destes elementos nos efluentes da suinocultura e, considerando possíveis superdosagens, deverão ser observados os altos percentuais eliminados pelo trato gastrointestinal desses animais. Vivan et al. (2010), avaliaram o desempenho de um sistema de tratamento composto de um biodigestor e lagoas de estabilização (lagoa anaeróbia, uma facultativa e duas lagoas de maturação) ligadas em série e alimentadas com lodo proveniente de uma estação de tratamento de dejetos de suínos, foi observado que a utilização da lagoa anaeróbia foi responsável pela maior parte da redução das concentrações de Cu (total) e do Zn (total) em 68 e 82,3% respectivamente. Os autores consideraram que o ocorrido se deve, provavelmente, a uma reação entre espécies reduzidas de enxofre (Ex: H_2S) produzido na digestão anaeróbia e aos compostos cobre e zinco, formando sulfeto de cobre e sulfeto de zinco, altamente insolúveis, que são precipitados e acumulados no lodo.

Sousa et al. (2014) avaliaram a eficiência do sistema de lagoas de estabilização na redução do potencial poluidor dos DLS coletados em diferentes fases do sistema e obtiveram uma remoção de 33,3% dos teores de manganês (comparação dos teores encontrados no DLS *in natura* coletados na canaleta e dos teores após o tempo de retenção hidráulica (TRH) de 45 dias). Observando a significativa redução dos teores totais dos metais após o tratamento em lagoas de estabilização, ressalta-se a importância do controle do tempo mínimo de retenção hidráulica (TRH), que no trabalho apresentado por Sousa et al. (2014) foi de 45 dias. Os órgãos fiscalizadores no Estado do Rio Grande do Sul (FEPAM e Secretarias Municipais) estabelecem com tempo mínimo de retenção 120 dias. Período normalmente não respeitado pelos suinocultores, uma vez que as lagoas de estabilização recebem DLS *in natura* constantemente e quando o limite de armazenagem esgota, os DLS são

retirados das lagoas e dispostos em áreas agrícolas. Os fatores que mais contribuem para que o TRH não seja cumprido são: a) lagoas de estabilização com capacidade de armazenamento inferior ao necessário para o porte do plantel; b) falta de lagoas extras para complementar o TRH para o período de 120 dias; c) falta de orientação técnica para o controle do tempo de maturação dos DLS e d) desconhecimento por parte dos suinocultores (falta de assistência técnica direcionada e específica)

5.1.2.2. Teor de sódio

Os teores de Na obtidos pela análise dos DLS, demonstrou diferença entre as amostras. Os valores de Na determinados nas amostras de DLS da fase terminação variaram de 303 a 1.200 mg L⁻¹ e nas amostras de DLS da fase creche variaram de 140 a 499 mg L⁻¹ (Tabela 4.).

A disposição de DLS com altas concentrações de sais no solo, pode aumentar os valores de pH, condutividade elétrica do extrato de saturação e comprometer as relações Na/Ca, Na/Mg e Na/Ca + Mg às plantas (Cavalcante et al., 2010). Em solos com altas concentrações de sais solúveis, quanto maior a razão de adsorção de sódio, maior é a dispersão da argila, o que potencialmente contribui para o prejuízo da porosidade do solo podendo ocasionar a sua impermeabilização (Meurer et al., 2012). O excesso de sais no solo provoca redução na absorção e no transporte dos elementos minerais essenciais ao desenvolvimento das plantas cultivadas. A redução no crescimento é consequência de respostas fisiológicas, incluindo modificações no balanço iônico, potencial hídrico, nutrição mineral, fechamento estomático, eficiência fotossintética e alocação de carbono (Cavalcante et al., 2010).

Kiefer et al. (2010) realizaram um estudo para avaliar níveis de sódio sobre o desempenho, produção e pH das fezes e urina de leitões criados sob conforto térmico (25°C) e obtiveram resultados interessantes quanto observaram a influencia de dos teores de sódio na produção diária de fezes e de urina. Os autores constataram que a produção de fezes não apresentou alterações, porém os tratamentos influenciaram a produção diária de urina, que aumentou linearmente com o aumento dos níveis de sódio das dietas. Houve aumento de 52,6% no volume de urina produzida quando o fornecimento de

sódio chegou ao nível de 0,69% se comparada a dieta basal (0,13%). Segundo os autores estes níveis podem estar relacionados, provavelmente, ao aumento da ingestão diária de água, uma vez que, segundo McDowell (1992), o excesso de sódio na dieta em relação à demanda biológica dos animais leva ao aumento da ingestão de água, podendo resultar em quadros de anorexia e perda de peso.

5.1.2.3. Estimativa das quantidades de metais aplicados ao solo via DLS

Com base nos dados apresentados, salienta-se que a aplicação de DLS no solo deve considerar sua composição química, a qual apresenta sempre uma composição muito variável, uma vez que é influenciada por vários fatores, dentre todos destacam-se a raça, a idade, alimentação e eventuais tratamentos dados os animais (situações especiais – doenças, alterações no desenvolvimento, aumento e/ou diminuição da quantidade de ração fornecida, uso de medicamentos ou promotores de crescimento injetáveis), além de outros.

Havendo um consenso quanto a importância de se conhecer os teores de metais (Cu, Zn, Mn e Na) presentes nos DLS e as concentrações destes em amostras de solos e tê-los como base para cálculo da quantidade de DLS a ser aplicada como adubação para cada cultura, em função da produtividade pretendida, vale a revisão das bases legais utilizadas pelos órgãos ambientais. A legislação que regula a aplicação de DLS em áreas agrícolas não levam em consideração as características específicas de cada região, como por exemplo, as Instruções Técnicas da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler-RS (FEPAM) e das Secretarias Municipais de Meio Ambiente. Há apenas o estabelecimento de uma quantidade de DLS a ser aplicada por ha ano⁻¹, que é de 50 m⁻³, desconsiderando a origem dos DLS e/ou atributos das áreas de disposição (FEPAM, 2012) (Tabela 5.).

TABELA 5. Estimativa da quantidade de metais (Cu, Zn, Mn e Na) adicionados ao solo anualmente via DLS considerando a aplicação de 50 m³ ha ano⁻¹

Fase de criação	Teores nos DLS ⁽¹⁾			
	Cu	Zn	Mn	Na
	----- kg -----			
Creche	0,35	3,0	0,10	15,95
Terminação	0,45	0,5	0,25	35,90

⁽¹⁾ Valores médios conforme Tabela 4.

Não somente no Brasil, mas em muitos países, a legislação sobre a utilização de efluentes (agrícolas, industriais, domésticos) ou reuso de águas residuárias é inexistente, muito branda ou muito restritiva. Faltam estudos que evidenciem quais as taxas seguras de aplicação para cada cultura e quais os reais danos que cada contaminante pode ocasionar ao sistema solo-água-planta (Bertoncini, 2008).

No Brasil, não há regulamentações quanto ao uso de DLS em solos agrícolas. Considerando a composição dos DLS (efluente bruto composto de fezes, urina, restos de ração, pelos e água desperdiçada nos bebedouros) o potencial poluidor é cerca de quatro vezes ao dos dejetos humanos (Bertoncini, 2011).

Considerando a Resolução CONAMA nº 375 (BRASIL, 2006), que define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências, onde, em seu artigo 12º estabelece que: é proibida a utilização de qualquer classe de lodo de esgoto ou produto derivado em pastagens e cultivo de olerícolas, tubérculos e raízes, e culturas inundadas, bem como as demais culturas cuja parte comestível entre em contato com o solo, torna-se ainda mais preocupante a utilização indiscriminada dos DLS em áreas agrícolas.

Utilizando-se como base, as orientações para aplicação de efluentes líquidos provenientes das estações de tratamento de esgoto doméstico da CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2014), onde, os teores máximos de substâncias inorgânicas são de 0,2 mg L⁻¹ para o cobre e para o manganês e 2 mg L⁻¹ para o zinco, pode-se concluir que a utilização dos DLS nas áreas agrícolas apresenta alto potencial contaminante. Em outra Norma Técnica (CETESB / P4.002 / Maio / 2010) o órgão ambiental de São Paulo, estabelece que os efluentes com concentrações acima dos limites

listados, somente serão aceitos para aplicação em solo agrícola se for apresentado um parecer conclusivo, de Instituição Oficial ou credenciada de pesquisa ou Termo de Responsabilidade de profissional habilitado, sobre a viabilidade agrícola de seu uso.

5.2. Caracterização das áreas de disposição de dejetos líquidos de suínos (DLS) de diferentes fases de criação (creche e terminação)

5.2.1. Caracterização das áreas de referência

As áreas de referência caracterizam-se por nunca terem recebido DLS. Trata-se de áreas de mato nativo, localizadas nas áreas lindeiras às propriedades utilizadas nesta pesquisa. Os atributos químicos das áreas de referência são apresentados na Tabela 6.

O teor de argila das áreas de referência variou entre 16% na camada de 0 – 0,025 m e 29% na camada de 0,10 – 0,20 m. O teor de matéria orgânica do solo (MOS) variou entre 2% na camada de 0,10 – 0,40 m e 8% na camada de 0 – 0,025 m. O pH variou de 5,4 na camada de 0 – 0,025 m e 5,1 na camada de 0,05 – 0,10 m. O teor de P variou entre 18,3 mg dm⁻³ na camada de 0 – 0,025 m e 11,7 mg dm⁻³ na camada de 0,10 – 0,20 m. O teor de K variou entre 220 mg dm⁻³ na camada de 0 – 0,025 m e 35 mg dm⁻³ na camada de 0,20 – 0,40 m. Os teores de Ca e Mg variaram entre 17,5 e 5,4 cmol_c dm⁻³ na camada de 0 – 0,25 m e 9,2 e 3,6 cmol_c dm⁻³ na camada de 0,10 – 0,20 m, respectivamente. A CTC_{pH7} variou de 30,5 cmol_c dm⁻³ na camada de 0 – 0,025 m e 19,7 cmol_c dm⁻³ na camada de 0,10 – 0,20 m. A saturação por bases variou de 71% na camada de 0 – 0,25 m e 55% na camada de 0,10 – 0,20 m (Tabela 6).

TABELA 6. Atributos químicos⁽¹⁾: Argila, MOS, pH_{H2O}, P, K, Ca, Mg, CTC_{pH7} e V dos solos das áreas de referência (mata)

Prof.	Argila	MOS	pH _{H2O}	P	K	Ca	Mg	CTC _{pH7}	V
m	---- % ----			mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³	%
0 - 0,025	16	8	5,4	18,3	220	17,5	5,4	30,5	71
0,025-0,05	20	4	5,3	12,9	99	11,9	4,3	23,0	64
0,05-0,10	23	3	5,1	14,1	60	9,3	4,1	21,3	57
0,10-0,20	29	2	5,2	11,7	45	9,2	3,6	19,7	55
0,20-0,40	25	2	5,4	14,6	35	11,1	3,7	22,9	58

⁽¹⁾ Média de quatro coletas

De acordo com as tabelas de interpretação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004) para os solos dos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, os teores de nutrientes na área de referência podem ser interpretados conforme Tabela 7.

TABELA 7. Interpretação para os atributos químicos da área de referência (mata) conforme Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004)

Prof.	Argila	MOS	pH _{H2O}	P	K	Ca	Mg	CTC _{pH7}	V
m	Classe	%		-- mg dm ⁻³ --		cmol _c dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³	%
0 - 0,025	4	A	B	M	MA	A	A	A	M
0,025-0,05	3	M	B	A	A	A	A	A	B
0,05-0,10	3	M	B	A	M	A	A	A	B
0,10-0,20	3	B	B	M	M	A	A	A	B
0,20-0,40	3	B	B	A	B	A	A	A	B

Onde: MA = Muito Altos; A = Alto; M = Médio; B = Baixo; MB = Muito Baixo

Teor de argila: classe 1 = > 60%; classe 2 = 41 - 60%; classe 3 = 21- 40%; classe 4 = ≤ 20%

Quanto aos teores de metais, as áreas de referência caracterizam-se por apresentarem teores médios de Cu, Zn e Mn obtidos pelas metodologias propostas pelo EPA 3050b (total (Cu_T, Zn_T e Mn_T)) e Tedesco et al. (1995) (biodisponíveis (Cu_B, Zn_B e Mn_B)), conforme Tabela 8.

TABELA 8. Teores de metais⁽¹⁾ (Cu, Zn e Mn) na área de referência (mata)

Prof.	Zn _B	Zn _T	Cu _B	Cu _T	Mn _B	Mn _T
cm	----- mg kg ⁻¹ -----					
0 - 2,5	9,51	55,64	0,59	56,86	106,52	1583,32
2,5 - 5	4,13	45,38	1,44	56,67	95,63	1628,10
5 - 10	2,37	47,58	2,66	61,44	103,04	1368,84
10 - 20	2,01	42,62	4,74	67,43	79,73	1525,25
20 - 40	4,01	42,34	5,34	75,21	54,08	1316,41

⁽¹⁾Média de quatro coletas

Os teores de Zn_T variaram entre 42,34 mg kg⁻¹ na camada de 0,10 – 0,20 m e 55,64 mg kg⁻¹ na camada de 0 – 0,025 m. Os teores de Cu_T variaram entre 56,67 mg kg⁻¹ na camada de 0,025 – 0,05 m e 75,21 mg kg⁻¹ na camada de 0,20 – 0,40 m. Os teores de Mn_T variaram entre 1316,41 mg kg⁻¹ na camada de 0,20 – 0,40 cm e 1628,10 mg kg⁻¹ na camada de 0,025 – 0,05 m.

Os teores de Zn_B variaram entre 2,01 mg kg⁻¹ na camada de 0,10 – 0,20 m e 9,51 mg kg⁻¹ na camada de 0 – 0,025 m. Os teores de Cu_B variaram entre 0,59 mg kg⁻¹ na camada de 0 – 0,025 m e 5,34 mg kg⁻¹ na camada de 0,20 – 0,40 m. Os teores de Mn_B variaram entre 54,08 mg kg⁻¹ na camada de 0,20 – 0,40 m e 106,52 mg kg⁻¹ na camada de 0 – 0,025 m.

De acordo com as tabelas de interpretação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004) para os solos dos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, os teores de micronutrientes biodisponíveis na área de referência podem ser interpretados como altos ($>0,4 \text{ mg dm}^{-3}$ para Cu_B e $>0,5 \text{ mg dm}^{-3}$ para Zn_B e Mn_B).

Os teores de Cu_T das camadas de 0,05 – 0,40 m ultrapassaram os valores de prevenção (VP) estabelecidos pelo CONAMA, conforme valores orientadores apresentados na Tabela 1. Isto reforça a teoria que em algumas situações os teores naturais de Cu_T em solos são maiores dos que os teores estabelecidos na legislação.

5.2.2. Caracterização das áreas de aplicação de dejetos líquidos de suínos

As áreas de disposição de DLS caracterizam-se por receberem aplicações sistemáticas de DLS. As propriedades 1 até 5 recebem aplicações de DLS proveniente do sistema de criação da fase terminação e as propriedades 6 até 10 recebem aplicações de DLS proveniente do sistema de criação da fase creche.

5.2.2.1. Teor de matéria orgânica do solo (MOS)

A aplicação de DLS não resultou em aumentos significativos (para a interação: propriedades x profundidades) no teor de MOS nas áreas amostradas, uma vez que os valores observados na área de referência (mata) é maior ou igual aos valores observados nas áreas receptoras de DLS.

Os teores de MOS, nas áreas de disposição de DLS da fase terminação variaram entre 0,5% na camada de 0,20 – 0,40 m (Propriedade 1) e 11,3% na camada de 0 – 0,025 m (Propriedade 4). A propriedade 1 apresentou menores teores de MOS nas camadas de 0 – 0,05 m e apenas a propriedade 4 apresentou teores de MOS maiores do que a área de referência (mata) na camada de 0 – 0,05 m (Tabela 9).

TABELA 9. Teor de MOS em áreas de aplicação de DLS da fase terminação e área de referência (mata)

Propriedades	Profundidades (m)				
	0-0,025	0,025-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
	----- % -----				
1	3,2 cA	2,4 cA	1,3 aA	1,0 aA	0,5 aA
2	5,3 bcA	5,4 abA	2,8 aAB	2,3 aB	1,6 aB
3	5,1 bcA	3,9 abcA	3,8 aA	2,8 aA	2,6 aA
4	11,3 aA	6,7 aB	2,6 aC	3,0 aC	1,4 aC
5	6,8 bA	3,0 bcB	2,9 aB	1,9 aB	1,8 aB
Mata	7,7 bA	3,9 abcB	2,8 aB	1,8 aB	1,8 aB

DMS (Tukey 5%): para colunas 2,96 (letras minúsculas); para linhas 2,82 (letras maiúsculas)
Média geral 3,46; CV% 28,06; ponto médio 6,65

Nas áreas de disposição de DLS da fase creche, o teor de MOS variou entre 1,4% na camada de 0,20 – 0,40 m (Propriedades 8 e 9) e 4,3 % na camada de 0 – 0,025 m (Propriedade 9). A área de referência (mata) apresentou os maiores teores de MOS na camada de 0 – 0,025 m (Tabela 10.).

TABELA 10. Teor de MOS em áreas de aplicação de DLS da fase creche e área de referência (mata)

Propriedades	Profundidades (cm)				
	0-0,025	0,025-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
	----- % -----				
6	3,6 bcA	2,7 abA	2,8 aA	2,2 aA	2,1 aA
7	3,8 bcA	2,6 abAB	2,5 aAB	1,7 aB	1,8 aB
8	2,5 cA	1,8 bA	1,8 aA	1,4 aA	1,4 aA
9	4,3 bA	3,7 aA	2,9 aAB	1,9 aBC	1,4 aC
10	4,0 bcA	3,6 aAB	2,9 aAB	2,2 aB	2,1 aB
Mata	4,7 aA	3,9 aB	2,8 aBC	1,8 aC	1,8 aC

DMS (Tukey 5%): para colunas 1,58 (letras minúsculas); para linhas 1,51 (letras maiúsculas)
Média geral 2,74; CV% 18,89; ponto médio 4,5

As áreas analisadas apresentaram uma significativa redução nos teores de MOS ao longo do perfil, com exceção das propriedades 1 e 3 (terminação) e 6 e 8 (creche).

As áreas de aplicação de DLS da fase terminação apresentam teores de MOS maiores, se comparadas as áreas de aplicação de DLS da fase creche, considerando-se a média geral dos dados (3,46 para as áreas de aplicação de DLS da fase terminação e 2,74 para as áreas de aplicação de DLS da fase creche). Essas diferenças podem estar relacionadas aos teores de carbono orgânico (C_{org}) presente nos DLS. Os teores médios dos DLS de terminação são 69% maiores que os teores médios dos DLS da creche. Os teores de C_{org} dos DLS da terminação variaram entre 2,6 e 9,8 g C_{org} L⁻¹ de

DLS e os teores de C_{org} dos DLS da creche variaram entre 1,8 e 5 g $C_{org} L^{-1}$ de DLS. Scherer et al. (2010), comparando várias lavouras adjacentes com e sem a aplicação de DLS por 15 ou mais anos, em três classes de solos característicos do Oeste catarinense (Latossolo, Cambissolo e Neossolo), não constataram diferenças no teor de MOS nas camadas amostradas. Outra possibilidade pode estar relacionada ao sistema de plantio adotado pelos suinocultores. Anteriormente à implantação do sistema de plantio direto (SPD), os solos da região foram por longo período manejados com lavração e incorporação dos resíduos, o que, normalmente, resulta numa diminuição dos teores de MOS.

Perin et al. (2003) constataram declínio no teor de MOS em um latossolo com textura argilosa, em resultado ao tempo de uso agrícola, principalmente no horizonte superficial. Considerando que as áreas de disposição dos DLS do sistema creche apresentarem maior teor de argila (%), a redução do teor de MOS pode estar relacionada à textura mais argilosa dos solos dessas áreas e o intensivo uso agrícola (Tabelas 11 e 12). Os mesmos autores ressaltam, que com o uso agrícola tende-se à redução no teor de MOS pelo aumento na taxa de decomposição, especialmente quando o preparo do solo é feito com revolvimento, causando um balanço negativo entre adição e perda de carbono no solo.

TABELA 11. Teor de argila em áreas de aplicação de DLS da fase terminação e área de referência (mata).

Propriedades	Profundidades (cm)				
	0-0,025	0,025-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
	----- % -----				
1	19 aA	21 aA	24 aA	20 aA	15 bA
2	20 aA	25 aA	28 aA	25 aA	29 abA
3	18 aB	19 aB	28 aAB	28 aAB	42 aA
4	24 aB	22 aB	28 aAB	35 aAB	46 aA
5	15 aB	22 aB	27 aAB	26 aAB	46 aA
Mata	16 aA	20 aA	23,0 aA	30 aA	25 abA

DMS (Tukey 5%): para colunas 22,84 (letras minúsculas); para linhas 21,83 (letras maiúsculas)
Média geral 25,75; CV% 29,17; ponto médio 39

TABELA 12. Teor de argila em áreas de aplicação de DLS da fase creche e área de referência (mata)

Propriedades	Profundidades (cm)				
	0-0,025	0,025-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
	----- % -----				
6	21 abA	21 bA	22 aA	29 abA	38 bA
7	31 abB	35 abB	40 aB	48 aB	74 aA
8	24 abA	25 abA	29 aA	31 abA	40 bA
9	32 abB	31 abB	33 aB	24 bB	86 aA
10	40 aB	45 aB	41 aB	51 aB	75 aA
Mata	16 bA	20 bA	23 aA	30 abA	25 bA

DMS (Tukey 5%): para colunas 22,74 (letras minúsculas); para linhas 21,73 (letras maiúsculas)
Média geral 36,2; CV% 20,66; ponto médio 51

O aumento nos estoques de MOS em diferentes sistemas de cultivo é dependente de vários fatores, tais como: quantidade de palha, tipo de rotação de cultura adotada, grau de revolvimento do solo, clima da região e doses de fertilizantes aplicadas nas lavouras (Andraus et al. 2013).

Segundo os critérios de interpretação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004), teores de MOS menores ou iguais a 2,5% são definidos como baixos, entre 2,6 e 5,0 % são teores médios e os teores altos acima de 5,0 %. Assim, os teores de MOS das áreas de aplicação de DLS e área de referência podem ser interpretados conforme Tabela 13.

TABELA 13. Interpretação dos teores de MOS em áreas de aplicação de DLS e área de referência conforme Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004)

Propriedades	Profundidades (cm)				
	0-0,025	0,025-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
1	M	B	B	B	B
2	A	A	M	B	B
3	A	M	M	M	M
4	A	A	M	M	B
5	A	M	M	B	B
6	M	M	M	B	B
7	M	M	B	B	B
8	M	B	B	B	B
9	M	M	M	B	B
10	M	M	M	B	B
Mata	M	M	M	B	B

Onde: A = Alto; M = Médio e B = Baixo

5.2.2.2. Teor de Fósforo

A aplicação de DLS em doses excessivas e continuadas pode resultar em grande acúmulo de fósforo, principalmente na camada superficial do solo. O fósforo, apesar de ser um nutriente essencial para as plantas, também pode poluir o ambiente, mesmo com as altas taxas de adsorção dos solos tropicais, pelos sítios específicos nos óxidos de ferro e de alumínio. Scherer et al. (2007) constataram um incremento significativo nos teores de fósforo em um Latossolo Vermelho após três anos de aplicação de doses de DLS (60 – 140 mg P dm⁻³ de solo). Nesse caso, há risco de contaminação de mananciais superficiais de água na eventualidade de ocorrência de erosão nas lavouras, quando esses nutrientes são transportados juntamente com os colóides do solo (Mori et al., 2009).

Nas áreas com aplicação de DLS da fase terminação, o teor de P variou de 5,6 mg dm⁻³ na camada de 0,20 – 0,40 m (Propriedade 3) e 471,4 mg dm⁻³ na camada de 0 – 0,025 m (Propriedade 4). As propriedades 4 e 5 apresentaram os maiores teores de P na camada de 0 – 0,025 m, com redução significativa dos teores nas camadas mais subsuperficiais (0,025 – 0,40 m) (Tabela 14.).

TABELA 14. Teor de fósforo em áreas de aplicação de DLS da fase de terminação e área de referência (mata)

Propriedades	Profundidades (m)				
	0-0,025	0,025-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
	----- mg dm ⁻³ -----				
1	53,2 cA	57,7 aA	11,7 aA	14,0 aA	40,8 aA
2	67,4 cA	35,3 aA	20,1 aA	6,8 aA	15,3 aA
3	61,0 cA	46,9 aA	47,4 aA	174,1 aA	5,6 aA
4	471,4 aA	78,9 aB	31,7 aB	18,0 aB	9,3 aB
5	208,7 bA	38,0 aB	25,3 aB	17,1 aB	7,2 aB
Mata	18,3 cA	12,9 aA	14,1 aA	11,7 aA	14,6 aA

DMS (Tukey 5%): para colunas 76,14 (letras minúsculas); para linhas 72,78 (letras maiúsculas)
Média geral 49,17; CV% 50,93; ponto médio 270,7

Nas áreas com aplicação de DLS da fase creche, o teor de P variou de 4,9 mg dm⁻³ na camada de 0,20 – 0,40 m (Propriedade 8) e 338,8 mg dm⁻³ na camada de 0 – 0,025 m (Propriedade 7). A propriedade 7 apresentou o maior teor de P na camada de 0 – 0,025 m, com redução significativa nas camadas mais subsuperficiais (0,025 – 0,40 m) (Tabela 15.). A propriedade 7

apresentou teor de P maior aos das demais áreas de aplicação de DLS da fase creche. Possivelmente, essa diferença tenha sido causada pela aplicação de adubo mineral na área anteriormente a coleta das amostras de solo para este trabalho.

TABELA 15. Teor de fósforo em áreas de aplicação de DLS da fase de creche e da área de referência (mata)

Propriedades	Profundidades (cm)				
	0-0,025	0,025-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
	----- mg dm ⁻³ -----				
6	23,7 bA	10,5 bA	8,0 bA	6,8 aA	5,3 aA
7	338,8 aA	282,3 aA	142,0 aB	47,3 aBC	7,7 aC
8	31,4 bA	19,5 bA	6,8 bA	6,0 aA	4,9 aA
9	24,3 bA	21,4 bA	12,2 bA	10,9 aA	6,0 aA
10	28,7 bA	25,8 bA	7,2 bA	4,1 aA	5,7 aA
Mata	18,3 bA	12,9 bA	14,1 bA	11,7 aA	14,6 aA

DMS (Tukey 5%): para colunas 121,88 (letras minúsculas); para linhas 116,50 (letras maiúsculas)

Média geral 38,65; CV% 103,73; ponto médio 204,45

Conforme critérios de interpretação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004), para o teor de P em solos dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Tabela 16), onde é considerado o teor de argila dos solos (Tabelas 11 e 12), todas as áreas de aplicação de DLS apresentaram teores de P altos ou muito altos nas camadas superficiais (0 – 0,05 m). A propriedade 7 apresentou teor de P muito alto, até a camada de 10 - 20 cm e alto na camada mais subsuperficial (0,20 – 0,40 m).

TABELA 16. Interpretação dos teores de fósforo em áreas de aplicação de DLS e área de referência conforme Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004)

Propriedades	Profundidades (cm)				
	0-0,025	0,025-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
1	MA	MA	M	B	A
2	MA	MA	A	B	A
3	MA	MA	MA	MA	B
4	MA	MA	MA	A	A
5	MA	MA	MA	A	M
6	A	M	B	B	B
7	MA	MA	MA	MA	A
8	MA	A	B	B	B
9	MA	A	A	M	M
10	MA	MA	M	B	M
Mata	M	B	A	M	A

Onde: A = Alto; M = Médio e B = Baixo

Um expressivo acúmulo de P na superfície dos solos que receberam aplicação de DLS também foi constatado em outros trabalhos (Ceretta et al., 2003; Gessel et al., 2004; Scherer et al., 2007), bem como, uma forma potencial de perda do nutriente por escoamento superficial (Berwanger, 2006) ou por lixiviação (Eghball et al., 1996; Djodjic et al., 2004). O risco de contaminação ambiental por incremento do teor de P em profundidade é pequeno se comparado àquele por escoamento superficial principalmente nos solos de encosta basáltica (Neossolos e Cambissolos), que ocorrem em áreas com grande declividade (Basso et al., 2005).

Ceretta et al. (2005) demonstraram que a aplicação de DLS resultou em perdas de $8,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de P total por escoamento superficial em um Argissolo Vermelho distrófico arênico com declividade média de 4%, manejado sob sistema plantio direto. Os mesmos autores ressaltam que as concentrações na solução escoada na superfície do solo foram maiores quando as chuvas ocorreram mais próximas do dia da aplicação dos DLS, sendo que as perdas por escoamento superficial foram 49, 21 e 20 vezes maiores que as perdas por percolação, evidenciando que o principal caminho de perda de fósforo ocorre via escoamento superficial.

Regiões da América do Norte e da Europa, com criação intensiva de animais, os DLS tornaram-se grandes responsáveis pelos processos de eutrofização de águas superficiais e subsuperficiais (Novais e Smyth, 1999). A demanda de nitrogênio pelas plantas se repete após cada cultivo, ao contrário do fósforo, e devido a uma aplicação sequencial e contínua de DLS nas mesmas áreas produtivas podem ocasionar um aumento nos teores de fósforo no solo (Ceretta et al., 2003). As constantes aplicações de DLS podem saturar a capacidade de sorção do solo, agravando as transferências de fósforo pelo fluxo lateral e vertical de água no solo (dos Santos, 2010). Uma das consequências do aumento das áreas agrícolas e urbanas é o excesso de fósforo, que pode chegar a uma descarga anual de aproximadamente 3,6 megagrama (Mg) de fósforo nos oceanos (Howarth et al., 1995; Sharpley et al., 1995).

O processo de eutrofização traz como consequência o desenvolvimento da população microbiana específica que não degrada o material orgânico completamente, sendo acumulados subprodutos metabólicos

intermediários como metano, etileno, ácido butírico e outras substâncias de baixo peso molecular, que podem se tornar tóxicos para outros organismos. Ocorre também, o aumento da turbidez da água, produção de espumas, morte de peixes, aumento de pH, liberação de gases, entre outros, que acarretam na diminuição ou fim da potabilidade da água comprometendo sua qualidade para outros usos (Daniel et al., 1998).

Em uma escala maior, como uma microbacia, por exemplo, o manejo dos DLS, visando reduzir o impacto do nitrogênio e fósforo sobre a qualidade da água, requer uma abordagem holística (Heathwaite et al., 2000). Nas últimas décadas, muitos dos impactos ocasionados pelo fósforo, citados na literatura internacional, se devem se deve a ênfase dada ao nitrogênio no passado, que se justificava pela alta solubilidade e mobilidade do nitrato, enquanto outros elementos, como o próprio fósforo, não eram considerados potencialmente poluidores (dos Santos, 2010). Quanto ao uso dos DLS como fertilizante, o grande desafio técnico e científico consiste na busca de critérios que avaliem a susceptibilidade dos recursos naturais ao problema da contaminação, e a partir daí definir estratégias de manejo e disposição, visando reduzir os impactos ambientais e sanitários.

5.2.2.3. Teores de cátions trocáveis (cálcio, magnésio e potássio)

Para os teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) nas áreas de aplicação de DLS não ocorreu interação significativa entre os teores desses elementos para: propriedades x profundidades. Entretanto, as médias para os teores destes cátions nas áreas de aplicação de DLS da fase terminação e creche apresentaram diferenças significativas entre as propriedades.

O teor de Ca variou entre $9,04 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Propriedade 5) e $21,43 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Propriedade 1), nas áreas de disposição de DLS da fase terminação (Tabela 17) e de $3,71 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Propriedade 7) até $15,94 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Propriedade 9) nas áreas de disposição dos DLS da fase creche (Tabela 18.). O teor de Mg variou de $3,98 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Propriedade 5) até $8,12 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Propriedade 1) nas áreas de disposição dos DLS da fase terminação (Tabela 17) e de $1,71 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Propriedade 7) até $5,93 \text{ cmol}_c$

dm⁻³ (Propriedade 9) nas áreas de disposição dos DLS da fase creche (Tabela 18). O teor de K variou de 123,6 mg dm⁻³ (Propriedade 1) até 554 mg dm⁻³ (Propriedade 4) nas áreas de disposição dos DLS da fase terminação (Tabela 17) e de 63,2 mg dm⁻³ (Propriedade 8) até 120 mg dm⁻³ (Propriedade 10) nas áreas de disposição dos DLS da fase creche (Tabela 18).

De acordo com as tabelas de interpretação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004), todos os solos são originalmente bem supridos com K e apresentam altos teores do elemento na profundidade de até 0,10 m – camada que serve de referência para a recomendação de adubação.

TABELA 17. Teores de Ca, Mg e K e valor de saturação por bases em áreas de aplicação de DLS da fase de terminação e para a área de referência

Propriedade	Ca	Mg	K	V ⁽¹⁾	CTC _{pH7}
	---- cmol _c dm ⁻³ ----	-- mg dm ⁻³ --	--- % ---		cmol _c dm ⁻³
1	21,43 a	8,12 a	123,60 c	90 a	33,32 a
2	19,88 ab	7,84 a	259,60 bc	90 a	31,65 ab
3	17,73 bc	7,57 a	414,40 ab	87 a	30,24 ab
4	16,34 c	7,39 a	554,00 a	87 a	28,78 b
5	9,04 d	3,98 b	351,60 b	79 b	17,70 d
Mata	11,81 d	4,23 b	91,80 c	61 c	23,48 c

⁽¹⁾ Saturação por bases

DMS (Tukey 5%): Ca 2,84; Mg 1,03; K 176,69; V% 5,79; CTC_{pH7} 3,21

CV%: Ca 13,04; Mg 11,63; K 43,43; V% 5,18; CTC_{pH7} 8,79

TABELA 18. Teores de Ca, Mg e K e valor de saturação por bases em áreas de aplicação de DLS da fase de creche e para a área de referência

Propriedades	Ca	Mg	K	V ⁽¹⁾	CTC _{pH7}
	---- cmol _c dm ⁻³ ----	-- mg dm ⁻³ --	--- % ---		cmol _c dm ⁻³
6	11,93 b	3,73 bc	111,60 abc	80 a	20,02 bc
7	3,71 c	1,71 d	107,60 abc	40 c	14,92 d
8	10,60 b	3,51 c	63,20 c	79 a	18,07 cd
9	15,94 a	5,93 a	148,80 a	83 a	26,77 a
10	12,30 b	4,67 b	120,00 ab	80 a	21,50 bc
Mata	11,81 b	4,23 bc	91,80 bc	61 b	23,48 ab

⁽¹⁾ Saturação por bases

DMS (Tukey 1%): Ca 2,94; Mg 0,95; K 50,60; V% 11,47; CTC_{pH7} 4,02

CV%: Ca 19,57; Mg 17,72; K 34,72; V% 11,98; CTC_{pH7} 14,21

Aproximadamente 80% das áreas de disposição de DLS da fase terminação apresentaram teores acima de 180 mg dm⁻³ de K, estabelecido como teor muito alto pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004) (Tabela 17). Considerando a composição dos DLS (Tabela 19), o teor de K, possivelmente, seja um dos motivo das grandes diferenças nos teores de

K observadas nas áreas de aplicação de DLS, especialmente nas áreas de aplicação de DLS fase terminação (Tabela 17).

TABELA 19. Quantidades de cátions (Ca, Mg e K) em amostras de DLS de duas fases de criação (terminação e creche)

Origem dos DLS	Ca	Mg	K
	----- mg L ⁻¹ -----		
Terminação	292	85	1.576
Creche	149	118	1.125

Estes resultados demonstram que com a adição de cátions trocáveis (Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺), proveniente de DLS, pode resultar em acúmulo dos nutrientes na camada superficial do solo, aumentando o potencial de perda desses elementos por escoamento superficial (Basso, 2005). Com o uso de corretivos e fertilizantes, há um aumento nos teores de cátions trocáveis (Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺) assim como dos valores de soma e saturação por bases (SB e V%, respectivamente). O excesso de K⁺ no solo pode ocasionar efeito negativo, caso provoque a dispersão das argilas e/ou desequilíbrio nutricional, ou mesmo ocasiona a lixiviação dos íons pelas águas de chuva e irrigação, podendo contaminar tanto corpos de águas superficiais como subterrâneas (Prior, 2008).

5.2.2.4. Teor de sódio e estabilidade de agregados em água

Nas áreas de aplicação de DLS e na área de referência não ocorreu interação significativa (propriedades x profundidades) para os teores de Na e para a porcentagem de agregados estáveis em água. As médias para o teor de Na nas áreas de aplicação de DLS da fase terminação apresentaram diferenças significativas entre as propriedades, variando entre 54 mg dm⁻³ (Propriedades 4 e 5) e 103 mg dm⁻³ (Propriedade 1) (Tabela 20).

As médias para o teor de Na (profundidade de 0 – 0,05 m) nas áreas de aplicação de DLS da fase creche apresentaram diferenças significativas entre as propriedades, variando entre 20 mg dm⁻³ (Propriedades 7) e 86 mg dm⁻³ (Propriedade 6) (Tabela 21). As propriedades 1 e 2 apresentaram os maiores teores de Na e as menores porcentagens de agregados estáveis em água (Tabela 21).

TABELA 20. Teor de Na e porcentagem de agregados estáveis em água em amostras de solo⁽¹⁾ de áreas de aplicação de DLS da fase terminação e área de referência (mata)

Propriedade	Na	AGR ⁽²⁾
	--- mg dm ⁻³ ---	---- % ----
1	103 a	54 b
2	91 ab	55 ab
3	62 abc	58 ab
4	54 bc	65 a
5	54 bc	61ab
Área de mata	35 c	60 ab

⁽¹⁾ Camada de 0 – 5 cm; ⁽²⁾ Agregados estáveis em água

DMS (Tukey 5%): Na 42,22; AGR 10,40

CV%: Na 26,7; AGR 7,4

TABELA 21. Teor de Na e porcentagem de agregados estáveis em água em amostras de solo⁽¹⁾ de áreas de aplicação de DLS da fase creche e área de referência (mata)

Propriedade	Na	AGR ⁽²⁾
	--- mg dm ⁻³ ---	---- % ----
6	86 a	85 ab
7	20 c	80 abc
8	45 bc	92 a
9	74 a	72 bcd
10	62 ab	68 cd
Área de mata	35 bc	60 d

⁽¹⁾ Camada de 0 – 5 cm; ⁽²⁾ Agregados estáveis em água.

DMS (Tukey 5%): Na 28,43 e Agregados 16,14

CV%: Na 22,27 e Agregados 8,89

Considerando os teores de MOS nas áreas de aplicação de DLS da fase terminação (Tabela 9), possivelmente, a baixa porcentagem de agregados esteja relacionada à adição de sódio. A utilização de águas residuárias urbanas, agroindustriais e do criatório de animais, em áreas agrícolas, via fertirrigação, pode resultar na adição de grandes quantidades de sais, resultando no aumento dos teores de cátions e com isso comprometer as propriedades físico-hídricas, além do crescimento das plantas (Matos et al., 2014). Estudos a respeito das relações do sódio com o complexo de troca do solo de diferentes mineralogias são importantes para o gerenciamento adequado de áreas de disposição final de águas residuárias (Arienzo et al., 2012).

Conforme citado por Lemos (2011), a formação de macroagregados no solo é devida à ação de raízes e hifas de fungos que entrelaçam os microagregados formando estruturas maiores. O mesmo autor salienta que a

manutenção de macroagregados evidencia a melhoria da estrutura do solo resultante da estabilização do sistema, refletindo na qualidade e no aumento da proteção física da matéria orgânica no interior dos agregados. A dispersão de agentes cimentantes dos agregados do solo é um fenômeno que pode ocorrer naturalmente ou por ação antrópica estando, em geral, associada a desequilíbrios químicos no solo (Matos et al., 2014)

De acordo com Erthal et al. (2010), altas concentrações de Na^+ na solução do solo em comparação com o Ca^{+2} e o Mg^{+2} podem causar deterioração da estrutura do solo, pela dispersão dos colóides e subsequentes entupimentos dos macroporos, causando decréscimo na permeabilidade à água e aos gases.

Os teores médios de Na nos DLS da fase de terminação atingem 662 mg L^{-1} , valores duas vezes maior que os teores de Na observados nos DLS da fase creche (320 mg L^{-1}) (Tabela 4). Os sais solúveis em suspensões nos DLS são principalmente excretados na urina, e os riscos específicos estão associados com os íons de Na^+ e Cl^- . Altas concentrações de cloreto podem alterar as formas químicas de metais no solo, além de causar toxicidade para as plantas. O sódio presente nos DLS podem dispersar os colóides do solo, resultando em uma estruturação fraca e muitas vezes compacta do solo (Moral, et al., 2008)

No estado do Rio Grande do Sul, devido ao regime pluviométrico, os solos de uma maneira geral, estão pouco sujeitos à salinização, mesmo os que apresentam deficiências de drenagem subterrânea, uma vez que os sais solúveis acumulados são lixiviados do solo. (Carmona, 2011). Considerando a aplicação anual de $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, as áreas receptoras de DLS da fase terminação recebem uma carga de aproximadamente $33 \text{ kg Na ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$, já as áreas receptoras de DLS da fase creche recebem aproximadamente $16 \text{ kg Na ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$. Na prática, o principal interesse na aplicação de DLS em solos é o seu valor nutricional, particularmente quanto aos teores de nitrogênio, fósforo e potássio e, os seus méritos na melhoria das propriedades físicas do solo. No entanto, o seu alto teor de sódio pode ser prejudicial para o crescimento das plantas e para a qualidade do solo após contínuas aplicações, pois, a salinidade de solos agrícolas em áreas de disposição final de DLS não é considerada nas avaliações ambientais, ao contrário da relevância atribuída ao

nitrogênio, ao fósforo, aos organismos patogênicos e aos metais (Li-Xian et al., 2007).

5.2.2.5. Teor de zinco

O teor de Zn obtido pela metodologia proposta pelo EPA 3050b (Zn total (Zn_T)) apresentaram diferenças significativas entre as propriedades. Nas áreas de disposição de DLS da fase terminação os teores de Zn_T variaram entre 28,13 $mg\ kg^{-1}$ na camada de 0,20 – 0,40 m (Propriedade 1) e 173,37 $mg\ kg^{-1}$ na camada de 0 – 0,05 m (Propriedade 4) (Tabela 22).

TABELA 22. Teor de zinco total em áreas de aplicação de DLS da fase de terminação e área de referência (mata)

Prop.	Profundidades (m)				
	0-0,025	0,025-0,05	0,05-0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
	----- $mg\ kg^{-1}$ -----				
1	51,21 cAB	56,88 bcA	39,11 bAB	39,48 aAB	28,13 bB
2	79,95 bcA	64,44 bcAB	57,64 abAB	37,97 aB	38,35 abB
3	81,84 bA	76,17 bA	75,79 aA	61,42 aA	57,26 aA
4	173,37 aA	105,29 aB	62,55 abC	50,45 aCD	34,57 abD
5	78,82 bcA	38,27 cB	57,26 abAB	54,99 aAB	40,62 abB
Mata	55,64 bcA	45,38 cA	47,58 abA	42,62 aA	42,34 abA

DMS (Tukey 5%): para colunas 28,87 (letras minúsculas); para linhas 27,59 (letras maiúsculas)
Média geral 59,18; CV% 16,04; ponto médio 106,05

Nas áreas de disposição de DLS da fase creche os teores de Zn_T variaram entre 33,05 $mg\ kg^{-1}$ na camada de 0,20 – 0,40 m (Propriedade 7) e 97,35 $mg\ kg^{-1}$ na camada de 0 – 0,025 m (Propriedade 10) (Tabela 23.).

TABELA 23. Teor de zinco total em áreas de aplicação de DLS da fase de creche e área de referência (mata)

Prop.	Profundidades (m)				
	0-0,025	0,025-0,05	0,05-0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
	----- $mg\ kg^{-1}$ -----				
6	52,72 bA	50,83 bcA	49,69 aA	55,75 aA	54,61 aA
7	92,05 aA	71,63 abcAB	68,68 aAB	53,86 aBC	33,05 aC
8	94,32 aA	94,32 aA	57,26 aB	54,23 aB	44,78 aB
9	94,70 aA	73,15 abcAB	57,64 aBC	44,78 aBC	35,70 aC
10	97,35 aA	81,09 abA	46,67 aB	41,38 aB	37,22 aB
Mata	55,64 bA	45,38 cA	47,58 aA	42,62 aA	42,34 aA

DMS (Tukey 5%): para colunas 30,85 (letras minúsculas); para linhas 29,48 (letras maiúsculas)
Média geral 59,05; CV% 17,18; ponto médio 74,66

Basso et al., (2012), constataram que há uma superdosagem de metais fornecidos aos suínos via rações que por sua vez, são transferidas aos dejetos. Além disso, os mesmos autores constataram que os atributos dos solos (pH, argila, MOS, CTC, entre outros), responsáveis pela retenção dos metais não são favoráveis ao recebimento sistemático dos DLS e as quantidades aplicadas anualmente vão além da capacidade de retenção dos solos normalmente encontrados no estado do RS. Trabalhando com dois solos característicos da região do município de Arroio do Meio, Mattias (2006) encontrou valores de capacidade máxima de adsorção de Zn de $83,4 \text{ mg kg}^{-1}$ para o neossolo e $194,5 \text{ mg kg}^{-1}$ para o nitossolo, valores aproximados aos teores (totais) observados nas camadas de 0 – 0,05 m de 70% das áreas de aplicação de DLS.

Os teores de Zn total na área de referência (mata) são significativamente menores aos teores encontrados nas áreas de aplicação de DLS. Xu et al. (2013) também constataram um significativo aporte Zn em áreas que receberam dejetos de suínos. Os mesmo autores atribuem o fato a dois aspectos: por um lado, o DLS aplicado nas áreas contem grandes quantidades Zn orgânico, que é facilmente decompostos a Zn solúvel após a aplicação de DLS. O mesmo aspecto é citado por Ogiyama et al. (2005).

As maiores concentrações de Zn_T foram observadas até a profundidade de 0 – 0,10 m. Legros et al. (2013) descrevem que o acúmulo do Zn nas camadas de até 0,60 m é devido à baixa absorção pelas plantas. Os mesmos autores relatam que a especiação do zinco em amostras de DLS revelou a presença de três componentes principais: 49% Zn ligado à matéria orgânica, 37% hidróxidos de Zn e 14% sulfeto de zinco. Estas três formas de Zn mostram-se solúveis sob condições aeróbicas, e dentro do intervalo de pH de 5-8 (Legros et al. (2013), valores de pH que corresponde aos observados nas áreas analisadas.

O teor de Zn obtidos pela metodologia proposta por Tedesco et al. (1995) (Zn_{B}), apresentou diferenças significativas entre as propriedades. Nas áreas de aplicação de DLS da fase terminação o teor de Zn_B variou entre $0,22 \text{ mg kg}^{-1}$ na camada de 0,20 – 0,40 m (Propriedade 1) e $16,77 \text{ mg kg}^{-1}$ na camada de 0 – 0,025 m (Propriedade 4) (Tabela 24).

TABELA 24. Teor de zinco biodisponível em áreas de aplicação de DLS da fase de terminação e área de referência (mata)

Prop.	Profundidades (m)				
	0-0,025	0,025-0,05	0,05-0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
	----- mg kg ⁻¹ -----				
1	1,26 dA	1,13 bA	0,41 aA	0,41 aA	0,22 aA
2	5,29 cA	3,00 bAB	1,60 aB	0,47 aB	0,40 aB
3	3,74 cdA	3,11 bA	3,05 aA	1,12 aA	0,80 aA
4	16,77 aA	7,98 aB	3,19 aC	1,40 aC	0,40 aC
5	9,45 bA	3,72 bB	2,87 aB	2,11 aB	0,79 aB
Mata	1,90 dA	0,83 bA	0,47 aA	0,40 aA	0,80 aA

DMS (Tukey 5%): para colunas 3,17 (letras minúsculas); para linhas 3,03 (letras maiúsculas)
Média geral 2,64; CV% 39,55; ponto médio 8,55

Nas áreas de aplicação de DLS da fase creche o teor de Zn_B variou entre 0,42 mg kg⁻¹ na camada de 0,20 – 0,40 m (Propriedade 10) e 13,18 mg kg⁻¹ na camada de 0 – 0,025 m (Propriedade 7) (Tabela 25.).

TABELA 25. Teor de zinco biodisponível em áreas de aplicação de DLS da fase de creche e área de referência (mata)

Prop.	Profundidades (m)				
	0-0,025	0,025-0,05	0,05-0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
	----- mg kg ⁻¹ -----				
6	1,80 cA	1,82 cA	1,47 bA	2,16 abA	1,44 aA
7	13,18 aA	8,58 aB	7,18 aB	6,13 aB	1,06 aC
8	10,93 abA	8,80 aA	2,93 abB	1,16 bB	0,73 aB
9	7,90 bA	4,24 bcAB	1,81 bB	0,64 bB	0,44 aB
10	9,58 abA	6,19 abA	1,15 bB	0,51 bB	0,42 aB
Mata	1,90 cA	0,83 cA	0,47 bA	0,40 bA	0,80 aA

DMS (Tukey 5%): para colunas 4,28 (letras minúsculas); para linhas 4,09 (letras maiúsculas)
Média geral 3,56; CV% 39,54; ponto médio 8,34

O teor de Zn_B na área de referência (mata) é significativamente menor ao teor encontrado nas áreas de aplicação de DLS. Considerando então, os teor médio de Zn adicionado ao solo pela aplicação dos DLS (Tabela 5), possivelmente as doses aplicadas via DLS estejam alterando as formas de Zn biodisponíveis dos solos. Giroto et al. (2010) descrevem que está ocorrendo uma repetibilidade da tendência de aumento das formas de Zn mais facilmente disponíveis nas áreas de uso de DLS, comparativamente as áreas sem dejetos.

Os metais normalmente ocorrem em maiores proporções nos horizontes superficiais do solo, reduzindo os teores com o aumento da profundidade. Um aspecto importante a ser considerado diz respeito á origem dos metais: se litogênicos ou antropogênicos. Os metais litogênicos são mais

estritamente relacionados com a rocha matriz e, quando presentes no solo, permanecem ligados aos componentes originais, enquanto aqueles provenientes de fontes antropogênicas se associam aos componentes menos estáveis e se ligam ao solo mais fracamente, tornando-se mais facilmente biodisponíveis (Martins et al., 2011). Considerando o conceito de biodisponibilidade (Hooda, 2010), torna-se desejável que, as quantidades aplicadas desses resíduos sejam limitadas àquelas removidas pelas plantas (Beegle et al., 2000; USDA, 2009). Além disso, torna-se recomendável o periódico monitoramento dos teores existentes nas áreas de disposição, de maneira a evitar os acúmulos em quantidades que representem riscos ao ambiente (USDA, 2009).

A Comissão de Química e Fertilidade (2004) define os valores de interpretação para os teores de micronutrientes para os solos dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. São utilizadas três faixas de interpretação: Baixo (teores de Zn menores que $0,2 \text{ mg dm}^{-3}$ de solo), Médio (teores de $0,2 - 0,5 \text{ mg Zn dm}^{-3}$ de solo) e alto (teores de Zn maiores que $0,5 \text{ mg dm}^{-3}$ de solo). O teor de Zn biodisponível nas áreas de aplicação de DLS podem, então, ser considerados altos (teores de Zn maiores que $0,5 \text{ mg dm}^{-3}$ de solo). A metodologia utilizada para a determinação da disponibilidade dos metais para fins de diagnóstico da fertilidade do solo no estado do RS respeita as considerações descritas por Tedesco et al. (1995).

5.2.2.6. Teor de cobre

O teor de Cu obtido pela metodologia proposta pelo EPA 3050b (Cu total (Cu_T)) apresentou diferenças significativas entre as propriedades. Nas áreas de aplicação de DLS da fase terminação os teores de Cu_T variaram entre $20,93 \text{ mgL}^{-1}$ na camada de $0,20 - 0,40 \text{ m}$ (Propriedade 5) e $139,53 \text{ mgL}^{-1}$ na camada de $0 - 0,05 \text{ m}$ (Propriedade 4) (Tabela 26).

TABELA 26. Teor de cobre total em áreas de aplicação de DLS da fase terminação e área de referência (mata)

Prop.	Profundidades (m)				
	0-0,025	0,025-0,05	0,05-0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
	----- mg kg ⁻¹ -----				
1	106,97 abA	105,97 aA	93,02 abAB	90,70 aAB	62,79 aB
2	120,93 abA	116,27 aAB	100,00 aABC	86,04 aBC	74,42 aC
3	95,35 bA	93,02 aA	102,32 aA	83,72 aA	72,09 aA
4	139,53 aA	123,25 aAB	95,35 aBC	83,72 aC	72,09 aC
5	55,81 cA	53,49 bA	41,86 cAB	30,23 bAB	20,93 bB
Mata	56,86 cA	56,67 bA	61,44 bcA	67,43 aA	75,21 aA

DMS (Tukey 5%): para colunas 32,71 (letras minúsculas); para linhas 31,26 (letras maiúsculas)
Média geral 81,28; CV% 13,23; ponto médio 81,39

Segundo Fadigas et al. (2006), para definir se uma determinada área está contaminada, faz-se necessário a comparação entre os teores encontrados em amostras obtidas na área de estudo com os valores encontrados em condições naturais ou com valores de referência de qualidade do solo. Atualmente, o Estado do Rio Grande do Sul não definiu os valores de Referência de Qualidade para metais em solos, desta maneira, as comparações serão realizadas com base nos valores orientadores da Resolução do CONAMA (Tabela 1.). Porém, antes de enquadrar qualquer solo da região onde o mesmo se insere, como estando acima ou abaixo dos limites de prevenção estabelecidos na legislação, pressupõe-se a necessidade de aguardar como essa questão será equacionada pelos órgãos ambientais. Conforme prevê o Artigo 8º da referida resolução, os valores de referência de qualidade do solo para substâncias químicas naturalmente presentes serão estabelecidos pelos órgãos ambientais competentes dos Estados e do Distrito Federal, em até quatro anos após a publicação da resolução, ocorrida em 30 de dezembro de 2009. Com a publicação da Resolução CONAMA nº 460, este prazo foi alterado para dezembro de 2014 (BRASIL, 2013).

Comparando-se os teores médios de Cu_T com os valores orientadores para solos, estabelecidos na Resolução do CONAMA nº 420 (BRASIL, 2009), 80% das áreas de disposição de DLS da fase terminação apresentaram teores acima do limite de prevenção que é de 60 mg L⁻¹, sendo que os teores mantiveram-se acima do limite até a profundidade de 0,40 m. Inclusive as áreas de referência (mata) apresentaram teores maiores do que o limite estabelecido na legislação nas camadas de 0,10 – 0,40 m. Isso pode ser atribuído principalmente ao fator material de origem desses solos, que

possuem como rocha principal o basalto, rica em minerais ferromagnesianos, que, ao sofrer o processo de intemperismo, darão origem a vários argilominerais e óxidos ricos em metais (Seganfredo, 2013).

Independentemente dos aportes de origem antrópica, os solos das áreas de referência (mata), pelo seu material de origem, já são naturalmente ricos em Cu. Mattias (2006) encontrou teores médios de Cu_T de 161 a 179 $mg\ kg^{-1}$ em áreas de nitossolo (classe de solos que ocorre na região de Arroio do Meio). Porém, vale destacar, que o mesmo autor trabalhando com dois solos característicos da região do município de Arroio do Meio, encontrou valores de capacidade máxima de adsorção de Cu de 99,36 $mg\ kg^{-1}$ para o neossolo e 95,5 $mg\ kg^{-1}$ para o nitossolo, valores próximos aos teores (totais) observados nas amostras de solo das áreas de disposição de DLS da fase terminação (Tabela 27).

Sob o ponto de vista de qualidade ambiental, a situação é mais complexa, pois, mesmo admitindo-se que no âmbito regional ocorram organismos adaptados aos excedentes de Cu, a transferência deste metal via sedimentos e águas (superficiais e subsuperficiais) poderá provocar danos persistentes em ambientes à jusante das áreas (EPA, 2007).

Nas áreas de disposição de DLS da fase creche não ocorreu interação significativa para o teor de Cu_T das propriedades x profundidades. As médias para o teores de Cu_T nas áreas de aplicação de DLS da fase creche e da área de referência (mata) apresentaram diferenças significativas. Entre as áreas de aplicação de DLS da fase creche, 60% dela apresentaram teores de Cu_T menores que os observados na área de referência. A menor média de Cu_T foi observada na Propriedade 8 (28,83 $mg\ kg^{-1}$) (Tabela 27).

TABELA 27. Teor de cobre total em áreas de aplicação de DLS da fase de creche e área de referência (mata)

Propriedade	Teores de Cu_T
	---- $mg\ kg^{-1}$ ----
6	32,10 c
7	37,67 c
8	28,83 c
9	80,46 a
10	75,82 ab
Área de referência (mata)	63,52 b

DMS (Tukey 5%): 13,99

Média geral 53,07; CV% 19,39; ponto médio 67,41

O teor de Cu obtido pela metodologia proposta por Tedesco et al. (1995) (Cu biodisponível (Cu_B)), apresentou diferenças significativas entre as áreas. Nas áreas de aplicação de DLS da fase terminação os teores de Cu_B variaram entre $0,53 \text{ mg kg}^{-1}$ na camada de 0,20 – 0,40 m (Propriedade 2) e $3,58 \text{ mg kg}^{-1}$ na camada de 0,025 – 0,05 m (Propriedade 4). A área de referência (mata) apresentou os menores teores de Cu_B (Tabela 28).

TABELA 28. Teor de cobre biodisponível em áreas de aplicação de DLS da fase terminação e área de referência (mata)

Prop.	Profundidades (m)				
	0-0,025	0,025-0,05	0,05-0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
	----- mg kg^{-1} -----				
1	1,40 bcA	1,27 bcA	1,05 bcA	0,92 aA	0,55 aA
2	2,96 abAB	3,50 aA	2,48 abAB	1,30 aBC	0,53 aC
3	2,21 abA	2,12 abA	2,41 abA	1,51 aA	1,31 aA
4	1,48 bcB	3,58 aA	2,98 aAB	2,06 aAB	1,66 aB
5	3,31 aA	2,84 abAB	2,31 abABC	1,19 aBC	0,73 aC
Mata	0,12 cA	0,29 cA	0,53 cA	0,95 aA	1,07 aA

DMS (Tukey 5%): para colunas 1,75 (letras minúsculas); para linhas 1,67 (letras maiúsculas)
Média geral 1,69; CV% 34,02; ponto médio 2,15

Nas áreas de disposição de DLS da fase creche o teor de Cu_B variou entre $0,50 \text{ mg kg}^{-1}$ nas camadas de 0,05 – 0,40 m (Propriedade 6) e $3,19 \text{ mg kg}^{-1}$ na camada de 0,025 – 0,05 m (Propriedade 10). A área de referência (mata) apresentou os menores teores de Cu_B (Tabela 29).

TABELA 29. Teor de cobre biodisponível em áreas de aplicação de DLS da fase creche e área de referência (mata)

Prop.	Profundidades (m)				
	0-0,025	0,025-0,05	0,05-0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
	----- mg kg^{-1} -----				
6	0,54 dA	0,56 cA	0,50 bA	0,50 cA	0,50cA
7	2,70 aA	2,61 aA	2,04 aB	1,66 aBC	1,19 bC
8	1,42 cA	1,36 bA	0,70 bB	0,78 cB	0,63 bcB
9	2,10 bA	1,83 bA	1,67 aA	1,05 bcB	2,12 aA
10	3,19 aA	2,87 aA	1,99 aB	1,41 abC	2,10 aB
Mata	0,12 dB	0,29 cB	0,53 bAB	0,95 bcA	1,07 bA

DMS (Tukey 5%): para colunas 0,56 (letras minúsculas); para linhas 0,54 (letras maiúsculas)
Média geral 1,37; CV% 13,51; ponto médio 1,72

A aplicação excessiva de DLS em áreas agrícolas é responsável por diversos impactos ambientais e sanitários, tais como: odor, proliferação de vetores (moscas e roedores), aumento nos teores de micronutrientes no solo

(cobre e zinco, dentre outros), esteroides e a presença de alguns antibióticos (tetraciclinas, sulfonamidas, fluoroquinolonas) (Combalbert et al., 2012). Além disso, os genes de resistência a antimicrobianos de uso veterinário têm sido associados à co-ocorrência de cobre, zinco, e antibióticos (Hölzel et al., 2012).

O solo apresenta uma grande capacidade de inativar materiais potencialmente prejudiciais ao meio ambiente. Alguns solos possuem grande capacidade de adsorver os metais, mas se o limite de adsorção for ultrapassado, os metais podem ser lixiviados, colocando em risco a qualidade das águas subsuperficiais e superficiais e conseqüentemente entrar na cadeia alimentar dos organismos vivos. Da mesma forma, uma vez aplicados ao solo, os metais podem sofrer transformações químicas, resultando na biodisponibilização de formas anteriormente não disponíveis (Costa, 2005).

Em solos agrícolas, a aplicação de DLS pode ser uma eficiente forma de ciclagem de nutrientes e uma alternativa viável para seu descarte, minimizando seu potencial poluente. Mas, as diferenças entre a sua composição e as necessidades das plantas, especialmente quanto aos metais, dificulta seu uso mais racional.

5.2.2.7. Teor de manganês

O teor de Mn obtido pela metodologia proposta pelo EPA 3050b (Mn total (Mn_T)) apresentou diferenças significativas entre as propriedades analisadas. O teor de Mn_T determinado nas amostras de solo das áreas de disposição de DLS da fase terminação variou entre 473 mg kg^{-1} na camada de 0,20 – 0,40 m (Propriedade 1) e 2.795 mg kg^{-1} na camada de 0,025 – 0,05 m (Propriedade 4). O teor de Mn_T da área de referência (mata), foram estatisticamente iguais aos teores observados nas áreas de aplicação de DLS (Tabela 30).

TABELA 30. Teor de Mn total em amostras de solo de áreas de aplicação de DLS da fase de criação terminação e área de referência (mata)

Prop.	Profundidade				
	0-0,025	0,025-0,05	0,05-0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
	----- mg kg ⁻¹ -----				
1	1.423 aA	1.431 aA	1.489 aA	1.258 aA	473 aA
2	1.935 aA	1.927 aA	2.216 aA	1.390 aA	1.638 aA
3	1.687 aA	1.869 aA	2.241 aA	2.018 aA	1.762 aA
4	2.076 aA	2.795 aA	2.357 aA	2.663 aA	1.77 aA
5	803 aA	1.043 aA	1.035 aA	1.167 aA	1.026 aA
Mata	1.583 aA	1.628 aA	1.369 aA	1.525 aA	1.316 aA

DMS (Tukey 5%): para colunas 1.784 (letras minúsculas); para linhas 1.706 (letras maiúsculas)
Média geral 1.631; CV% 35,99; ponto médio 2.068

Os teores de Mn_T determinado nas amostras de solo das áreas de aplicação de DLS da fase creche variaram entre 324 mg kg⁻¹ na camada de 0,20 – 0,40 cm (Propriedade 7) e 2.729 mg kg⁻¹ na camada de 0,025 – 0,05 m (Propriedade 10). Entre as áreas 60% delas apresentaram teores de Mn_T menores que os observados na área de referência. A menor concentração de Mn_T foi observada na Propriedade 7 (324 mg kg⁻¹ na camada de 0,20 – 0,40 cm) (Tabela 31).

TABELA 31. Teor de Mn total em amostras de solo de áreas de aplicação de DLS da fase de criação creche e área de referência (mata)

Prop.	Profundidade				
	0-0,025	0,025-0,05	0,05-0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
	----- mg kg ⁻¹ -----				
6	1.051 cA	1.068 cA	1.109 bcA	1.159 bA	1.183 aA
7	688 cAB	778 cA	836 cA	721 cA	324 bA
8	1.051 cA	1.093 cA	1.051 bcA	1.142 bA	1.258 aA
9	1.927 bA	1.977 bA	2.126 aA	2.159 aA	1.250 aB
10	2.539 aA	2.729 aA	2.473 aA	2.415 aA	1.332 aB
Mata	1.583 bA	1.628 bA	1.369 bA	1.525 bA	1.316 aA

DMS (Tukey 5%): para colunas 395 (letras minúsculas); para linhas 378 (letras maiúsculas)
Média geral 1.429; CV% 9,1; ponto médio 1.613

Atualmente, não há valores orientadores para os teores de Mn_T em solos, os resultados obtidos serão discutidos com base em estudos sobre a problemática ambiental e sanitária resultante dos altos teores do manganês no ambiente.

O teor de Mn obtido pela metodologia proposta por Tedesco et al. (1995) (Mn biodisponível (Mn_B)), apresentou diferenças significativas entre as áreas de aplicação de DLS da fase creche.

Nas áreas de aplicação de DLS da fase terminação não ocorreu interação significativa entre o teor de Mn biodisponível para: propriedades x profundidades. O teor de Mn_B nas áreas de aplicação de DLS da fase terminação apresentaram diferenças significativas entre as profundidades. Os maiores teores de Mn_B concentram-se na camada de 0 – 0,025 m (125,14 mg kg⁻¹) (Tabela 32).

TABELA 32. Teor de manganês biodisponível em áreas de aplicação de DLS da fase de terminação

Profundidade	Teores de Mn _B ---- mg kg ⁻¹ ----
0 – 2,5 cm	125,14 a
2,5 – 5 cm	99,58 ab
5 – 10 cm	79,29 bc
10 – 20 cm	48,03 c
20 – 40 cm	37,18 c

DMS (Tukey 5%): 45,70

Média geral 77,84; CV% 48,48; ponto médio 112,32

Nas áreas de aplicação de DLS da fase creche o teor de Mn_B variou entre 15,04 mg kg⁻¹ na camada de 0,10 – 0,20 m (Propriedade 9) e 497,80 mg kg⁻¹ na camada de 0 – 0,025 m (Propriedade 10). Na profundidade de 0 – 0,025 m a área de referência (mata) apresentou o menor teor de Mn_B (106,52 mg kg⁻¹). Em 60% das áreas, incluindo a área de referência (mata) os teores de Mn_B não diminuíram ao longo do perfil, mantendo os teores até a profundidade de 0,40 m (Tabela 33).

TABELA 33. Teor de Mn biodisponível em amostras de solo de áreas de aplicação de DLS da fase de criação creche e na área de referência (mata)

Prop.	Profundidade				
	0-0,025	0,025-0,05	0,05-0,10	0,10 – 0,20	0,20 – 0,40
	----- mg kg ⁻¹ -----				
6	118,06 cA	113,02 bA	98,66 abA	109,76 aA	72,18 aA
7	203,16 bcA	216,08 abA	181,46 aA	133,10 aA	82,92 aA
8	107,80 cA	128,46 bA	38,00 bA	43,32 aA	47,28 aA
9	287,78 bA	112,81 bB	87,54 abB	21,96 aB	25,62 aB
10	497,80 aA	300,76 aB	65,72 abC	15,04 aC	56,48 aC
Mata	106,52 cA	95,63 bA	103,04 abA	79,73 aA	54,08 aA

DMS (Tukey 5%): para colunas 141,10 (letras minúsculas); para linhas 134,87 (letras maiúsculas)

Média geral 120,13; CV% 38,63; ponto médio 262,88

Souza et al. (2011) reportam que o acúmulo de metais em solos agrícolas é um aspecto de grande preocupação quanto à segurança ambiental,

pois, os mesmos podem expressar seu potencial poluente diretamente nos organismos do solo, pela disponibilidade às plantas em níveis fitotóxicos, além da possibilidade de transferência para a cadeia alimentar, por meio das próprias plantas, ou pela contaminação das águas de superfície e subsuperfície. Os mesmos autores ainda definem que, o mecanismo de tolerância mais utilizado pelas plantas em condições de excesso de metais depende e está diretamente relacionado à resposta intrínseca, fisiológica e bioquímica da espécie vegetal, assim como do elemento químico, capacidade de translocação do elemento pela planta e tempo de exposição ao estresse nutricional.

No caso das propriedades receptoras de DLS da fase terminação observa-se uma situação diferente. Os teores de metais totais nos solos sem aplicação dos dejetos foram semelhantes aos das áreas receptoras de DLS. Uma situação semelhante foi observado por Basso et. al. (2002) e Mattias et al. (2010) que analisaram áreas com e sem aplicações de DLS e identificaram situações em que os conteúdos em solos sem aplicações eram semelhantes ou até maiores do que conteúdo em solos tratados com chorume. Isto pode ser devido, principalmente, ao fato relacionado ao material de origem dos solos (basalto). Esta rocha é rica em minerais ferromagnesianos, que no processo de intemperismo dão origem a vários minerais de argila e óxidos ricos em metais. Além disso, a topografia regional é fortemente acidentada e com ocorrência de inundações periódicas, o que pode caracterizar uma intensa remoção do solo o que pode ter causado a perda de metais pesados por erosão nas áreas cultivadas.

Os dados apresentados devem servir de alerta, pois a entrada do Mn nos sistemas onde são feitas aplicações de DLS é alta, e os solos onde são feitas as aplicações parecem não estar aptos a este recebimento, necessitando de correções em alguns quesitos que minimizem a transferência dos elementos no ambiente. Resultados semelhantes, foram publicados por Mattias (2006) que observou que os solos sob aplicação de DLS apresentam capacidades máximas de retenção de metais pesados variáveis, que conseqüentemente permitiam a liberação destes no ambiente. O autor atribuiu esta característica às pequenas quantidades de MOS dos solos e aos baixos pH dos mesmos. Os atributos dos solos também podem ser melhorados a ponto de aumentar a

capacidade de retenção dos metais pesados, e as práticas também são relativamente simples, como o aumento do pH via calagem, e aumento nos teores de MOS dos solos, com o uso de espécies vegetais plantadas para este fim.

A maioria dos alimentos contém manganês em concentrações abaixo de 5 mg kg^{-1} . Grãos, arroz e nozes podem ter níveis de manganês excedendo 10 mg kg^{-1} . Em alguns tipos de chás os níveis podem exceder 100 mg kg^{-1} . A ingestão diária de Mn por um adulto, via alimentação, é de 2 a 9 mg. Uma criança ou um adolescente podem ingerir de 0,06 a 0,08 mg por kg de peso corpóreo. Em adultos saudáveis ocorre uma absorção em torno de 5% do total ingerido; estes dados são sustentados pelos estudos em ratos e camundongos, que absorvem até 3% do total ingerido (Martins e Lima, 2001). Os mesmos autores salientam que o diagnóstico clínico da intoxicação pelo manganês pode ser difícil, particularmente nos estágios precoces da doença. A determinação do metal nas fezes pode ser guia para a avaliação da exposição, já que o mesmo é excretado primariamente nesta amostra, embora esta determinação raramente tenha sido realizada.

6. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nesta pesquisa permitiram concluir que:

1. Há superdosagem de cobre, zinco, sódio e manganês nas rações oferecidas aos suínos.
2. Os DLS apresentam altas concentrações de cobre, zinco, sódio e manganês e sua composição deve ser considerada anteriormente a disposição em solos agrícolas.
3. A aplicação de DLS não influenciou nos teores de MOS nas áreas amostradas, pois, os valores observados na área de referência (mata) são maiores ou iguais aos valores observados nas áreas receptoras de DLS.
4. Houve diferença significativa entre os teores de fósforo nas áreas de aplicação de DLS principalmente na camada de 0 – 0,025 m.
5. Não houve diferenças significativas para os teores de Ca e Mg entre as áreas de aplicação dos DLS.
6. Houve aumento significativo nos teores de sódio nos solos das áreas de aplicação de DLS.
7. Houve diminuição significativa da porcentagem de agregados estáveis em água nas áreas de aplicação de DLS.
8. A aplicação de DLS aumentou significativamente os teores de Zn e Cu biodisponível nas áreas analisadas.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos realizados nesta pesquisa demonstraram que há necessidade de se considerar a composição dos dejetos líquidos de suínos (DLS) e às características químicas, mineralógicas e morfológicas dos solos que serão utilizados como áreas de aplicação de DLS. Foi constatado que há diferenças significativas entre as rações fornecidas aos suínos nas diferentes fases de criação e estas são transferidas aos DLS. Houve diferença nos teores totais e biodisponíveis de cobre e zinco nas áreas de disposição dos DLS, havendo maiores concentrações nas áreas de disposição dos DLS do sistema terminação. As concentrações de Mn nas áreas avaliadas demonstram que há excesso deste elemento nas áreas e que a origem destes é resultado, tanto do material de origem natural bem como, consequência dos aportes de origem antrópica.

A realização de estudos para ordenamento ambiental da suinocultura, com mapeamento de áreas produtoras de suínos com maior plantel e que apresentam um alto potencial de poluição, permitiria limitar a expansão da atividade em determinadas microbacias. Essa concentração de animais gera um grande volume de dejetos por unidade de área, impossibilitando muitas vezes a reciclagem dos dejetos nas próprias unidades produtivas. Dessa forma, é necessária a busca por alternativas viáveis tanto do ponto de vista técnico e científico quanto econômico, uma vez que as exigências legais vêm se tornando cada vez mais rígidas e restritivas. Os impactos causados pela disposição de dejetos em áreas inadequadas tendem a ser ainda maiores caso não se atendam medidas estabelecidas pelos órgãos ambientais, pois o processo de licenciamento ambiental, se cumprido em todas as suas etapas, tem poder mitigador dos impactos e fiscalizador de irregularidades, pois as avaliações ambientais realizadas anteriormente à

instalação da atividade são realizadas por um grupo multidisciplinar de técnicos (Agrônomos, Biólogos, Geólogos, dentre outros).

A busca por alternativas viáveis, técnica e economicamente, para o controle da poluição é o maior desafio para os órgãos ambientais responsáveis pelo controle ambiental nos municípios com maiores demandas, bem como a adoção de uma fiscalização mais eficiente. O desenvolvimento de programas de educação ambiental e as práticas ambientalmente corretas pressupõem um maior envolvimento das associações de produtores e das integradoras.

Faz-se necessária uma reavaliação das orientações técnicas especializadas, uma vez que o produtor rural é responsável por todo o processo de gestão ambiental da propriedade. Para isso, são contratados profissionais habilitados para o fornecimento das orientações necessárias ao processo de obtenção das licenças ambientais. O agricultor muitas vezes, não possui conhecimento sobre o andamento do processo e acaba percebendo as exigências como punição do órgão ambiental. Há necessidade de fornecer ao produtor as informações relacionadas ao processo de licenciamento. No documento licenciatório (licença ambiental) são estabelecidas condições e restrições acerca do empreendimento. Fica estabelecido que a licença ambiental é válida desde que respeitadas as condicionantes quanto: localização e características das construções; manejo, armazenamento e destinação dos DLS e dos resíduos produzidos na propriedade; características da área de aplicação e condições da propriedade. Porém, vale salientar que o licenciamento é feito por atividade e não por propriedade, assim, há um desequilíbrio entre as condições da propriedade e as atividades nela desenvolvidas. Em diversas situações, o volume de DLS produzido é superior à capacidade da propriedade em receber o efluente (volume área^{-1}), resultando em acordos entre propriedades para a destinação do volume excedente. Para que o acordo seja firmado, o proprietário da área receptora dos DLS assina um “termo de recebimento”, com a determinação do volume de DLS a ser recebido. Infelizmente, na prática, muitas áreas receptoras são utilizadas repetidamente em diferentes processos de licenciamento, não há um controle quanto ao número de “termos” assinados por cada proprietário. Outra problemática está relacionada ao sistema de armazenamento dos DLS. Considerando a necessidade de estabilização dos DLS por período mínimo de 120 dias, há

necessidade da construção de no mínimo duas lagoas de estabilização com capacidade técnica volumétrica compatível com a produção. Porém, na prática os empreendimentos possuem quantidades insuficientes de lagoas e o DLS acaba sendo manejado antes de completar o período mínimo de estabilização.

O uso de DLS como fertilizante é uma alternativa para os agricultores considerando, que estão disponíveis na propriedade. Porém, para sua utilização é necessário rever o sistema de manejo e armazenamento, controlar a quantidade de DLS a ser aplicado no solo e buscar a utilização de critérios quanto aos nutrientes recomendados para cada cultura, bem como o período mínimo de estabilização necessário para a redução dos patógenos/contaminantes.

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que o solo é um meio indicado para receber os DLS, desde que de forma controlada. Os dejetos são recursos disponíveis na propriedade que, quando utilizados de forma criteriosa, apresentam um bom desempenho técnico e econômico, mas nunca substituindo totalmente o uso de fontes minerais. O acúmulo de diversos elementos no solo está relacionado principalmente com a formulação da alimentação fornecida aos suínos. Um dos maiores problemas desse acúmulo reside no P, que dada sua baixa assimilação é suplementado nas rações por meio do fosfato bicálcico aumentando seus teores nas excreções dos animais, e os micronutrientes (metais) que são fornecidos em demasia aos suínos. Um melhor conhecimento quanto à composição dos alimentos, sua digestibilidade e assimilação dos compostos assim como, o regramento para a suplementação na própria propriedade (utilização de medidas mais precisas e controle das reais exigências dos animais) permitiriam diminuir o excesso de nutrientes nas formulações de rações, os custos das rações e a excreção de subprodutos não desejáveis.

Diante do exposto, faz-se necessária a melhoria da eficiência alimentar, especialmente conscientizando os produtores sobre os perigos de incrementar a disponibilidade de nutrientes dos alimentos utilizados nas formulações de dietas, evitando-se assim o uso de "margens de segurança" inadequadas. Também se deve utilizar, sempre que possível, alimentos com alta digestibilidade e aproveitamento dos nutrientes, para evitar altas concentrações de Cu e Zn como promotores de crescimento e no controle de

diarreias. Considerando-se o uso dos DLS em solos agrícolas, o fracionamento das aplicações, observando-se as diferentes fases do desenvolvimento das culturas, a análise periódica do solo e a composição dos dejetos, a definição da quantidade aplicada deve ser estabelecida com base na quantidade de nutrientes, na demanda pelas plantas e nas características morfológica de cada solo. Faz-se assim, necessária a realização de análises das águas de subsuperfície das propriedades que fazem uso de DLS, pois estas servirão de indicativo das perdas de elementos, nitratos e organismos patogênicos no perfil.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL DO VALE DO TAQUARI.
Disponível em: <www.valedotaquari.org.br>. Acesso em: 25 mar. 2014.

ALLOWAY, B. J. Soil processes and the behaviour of metals. In: ALLOWAY, B. J. **Heavy metals in soils**. 2nd ed. Londres: Blackie, 1995. p. 11-31.

AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; VELLOSO, A. C. X.; OLIVEIRA, C.
Solubilidade de metais pesados em solo tratado com resíduo siderúrgico.
Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 21, p. 9-16, 1997.

AMARAL SOBRINHO, N. M. B. Fontes de contaminação de solos e qualidade de vida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 17., 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: EMBRAPA Cerrados, 1999. 1 CD-ROM.

ANDRAUS, M. de P. et al. Matéria orgânica e características químicas de solos sob sistema de plantio convencional, plantio direto e mata nativa. Resumos do VIII Congresso Brasileiro de Agroecologia. Porto Alegre/RS. **Cadernos de Agroecologia**, Fortaleza, v. 8, n. 2, Nov. 2013.

ANDRIGUETTO, J. M. et al. **Nutrição animal**. Os alimentos. 6. ed. São Paulo: Editora Nobel, 2001. v. 2.

APPLE, J. K. et al. Effect of supplemental manganese on performance and carcass characteristics of growing-finishing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n. 11, p. 3267-3276, 2004.

ARIENZO, M. et al The relative effects of sodium and potassium on soil hydraulic conductivity and implications for winery wastewater management. **Geoderma**, Amsterdam, v. 173-174, p. 303-310, 2012.

ARMSTRONG, T. A. et al. Effect of dietary copper source (cupric citrate and cupric sulfate) and concentration on growth performance and fecal copper excretion in weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n. 4, p. 1234–1240, 2004.

ASSISTAT 7.7 beta. 2014. Desenvolvido pelo professor Dr. Francisco de Assis Santos e Silva, DEAG-CTRN-UFCG, Campina Grande/PB-Brasil. Registro INPI 0004051-2.

BASSO, C. J. et al. Teores totais de metais pesados no solo após aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 4, abril, p. 653-659, 2012.

BASSO, C. J. **Perdas de nitrogênio e fósforo com aplicação no solo de dejetos líquidos de suínos**. 2003. 125 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

BASSO, C. J. et al. Dejetos líquidos de suínos: II-Perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1305–1312, 2005.

BATTERMAN, S. et al Manganese and lead in children's blood and airborne particulate matter in Durban, South Africa. **Science of the Total Environment**. Amsterdam, v. 409, n. 6, p. 1058–1068, 2011.

BEEGLE, D. B.; CARTON, O. T.; BAILEY, J. S. Nutrient management planning: justification, theory, practice. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 29, n. 1, p. 72-79, 2000.

BELLI FILHO, P. Gestão Ambiental dos sistemas de produção de suínos para o sul do Brasil. In: FRANKENBERG, C. L. C.; RAYA-RODRIGUES, M. T.; CANTELLI, M. (Org.). **Gerenciamento de Resíduos e Certificação Ambiental**. Porto Alegre: EDIPUCPR, 2000. 399 p.

BERTONCINI, E. I. Dejetos da suinocultura – desafios para o uso agrícola. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 8, n. 2, jul./dez. 2011. Disponível em: <http://www.apta regional.sp.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=863&Itemid=284>. Acesso em: 2 jul. 2014.

BERTONCINI, E. I. Tratamento de efluentes e reúso da água no meio agrícola. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, v. 1, n. 1, Jun. 2008. Disponível em: <http://www.dge.apta.sp.gov.br/publicacoes/T%26IA/T%26IAv1n1/Revista_Apta_Artigo_118.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2014.

BERWANGER, A. L. **Alterações e transferências de fósforo do solo para o meio aquático com aplicação de dejetos líquidos de suínos**. 2006. 102 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

BIANCHIN, L. **Atributos químicos e especiação de cromo em solo com aplicação de resíduos de curtume e carbonífero em experimento de campo**. 2011. 127 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2011.

BOUDISSA, S. M. et al Manganese concentrations in the soil and air in the vicinity of a closed manganese alloy production plant. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 361, n. 1-3, p. 67–72, 2011.

BRASIL. Lei Federal nº12.651, de 25 de maio de 2012. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 maio 2012.

BRASIL. Lei Federal nº6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus Fins e Mecanismos de Formulação e Aplicação, e dá outras Providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2 set. 1981.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Normas e padrões de nutrição e alimentação animal**. Revisão 2000. Brasília: MA/SARC/DFPA, 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. CONAMA. Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Brasília, DF.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Brasília, DF.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. CONAMA. Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005. Brasília, DF.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. CONAMA. Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006. Brasília, DF.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. CONAMA. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Brasília, DF.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. CONAMA. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Brasília, DF.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. CONAMA. Resolução nº 460, de 30 de dezembro de 2013. Brasília, DF.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F.; CASAGRANDE, J. C. Reações dos micronutrientes e elementos tóxicos no solo. In: FERREIRA, M. E. et al. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq: Fapesp: Potafos, 2001. p. 89-124.

CAPPUYNS, V.; SWENNEN, R. "Acid extractable" metal concentrations in solid matrices: a comparison and evaluation of operationally defined extraction procedures and leaching tests. **Talanta**, Oxford, v. 75, n. 5, p. 1338-1347, 2008.

CARMONA, F. DE C. **Salinidade da água e do solo e sua influência sobre o arroz irrigado**. 2011. 132 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2011.

CARRILLO-GONZÁLEZ, R. et al. Mechanisms and pathways of trace element mobility in soils. **Advances in Agronomy**, v. 91, p. 111–178, 2006.

CARSON, T. L. Toxic Minerals, Chemicals, Plants and Gases. In: LEMAN et al. (Ed.). **Diseases of Swine**. 17. ed. Ed. Wolfe: London, 1021 p.

CASALI, C. A. et al. Copper forms and desorption in soils under grapevine in the Serra Gaúcha of Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1479-1487, 2008.

CAVALCANTE, L. F. et al. Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar Paluma. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, 2010.

CONNEMANN, J.; FISCHER, J. **Biodiesel in Europe 1998**: biodiesel processing technologies. International Liquid Biofuels Congress, Curitiba, PR, Brasil, 1998. Disponível em: <http://www.biodiesel.org/resources/reportsdatabase/reports/gen/19980722_G EN-100.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2012.

CERETTA, C. A. et al. Dejeito líquido de suínos: I - perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1296-1304, 2005.

CERETTA, C. A. et al. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 729-735, 2003.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Decisão de Diretoria Nº 195-2005- E, de 23 de novembro de 2005**. Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005, em substituição aos Valores Orientadores de 2001, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf>. Acesso em: 2 jul. 2014.

CETESB. **Normas Holandesas de classificação de solos (1994)**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/anexos/download/653.pdf>. Acesso em: 02 jul. 2014.

CETESB. **Normas Técnicas Vigentes**. Orientação para apresentação de projeto visando a aplicação de água de reuso proveniente de estação de tratamento de esgoto doméstico na agricultura. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/servicos/normas---cetesb/43-normas-tecnicas---cetesb>>. Acesso em: 2 jul. 2014.

CETESB. **Norma Técnica P4-002**: Efluentes e lodos fluidos de indústrias cítricas - Critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola. 1ª Edição. Maio/2010.

COMBALBERT, S. et al. Fate of steroid hormones and endocrine activities in swine manure disposal and treatment facilities. **Water Research**, v. 46, n. 3, p. 895-906, 2012.

COSTA, N. C. **Biodisponibilidade de metais pesados em solos do Rio Grande do Sul**. 2005. 110 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

CROMWELL, G. L.; STAHLY, T. S.; MONEGUE, H. J. Effects of source and level of copper on performance and liver copper stores in weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 67, n. 11, p. 2996–3002, 1989.

CROMWELL, G. L. Copper as a nutrient for animals. In: RICHARDSON, H. W. (Ed.). **Handbook of copper compounds and applications**. New York: CRC Press, 1997. p. 177-202.

DALLA COSTA, O. A. et al. **Aspectos da nutrição relacionados com a criação de suínos em fase de creche, crescimento e terminação em granjas do sul do Brasil**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001. p. 1-6. (Comunicado Técnico, n. 288).

DANIEL, T. C.; SHARPLEY, A. N.; LEMUNYON, J. L. Agricultural phosphorus and eutrophication: A symposium overview. **Journal of Environmental Quality**, v. 27, p. 251-257, 1998.

DIAS, A. C. et al. **Manual Brasileiro de Boas Práticas Agropecuárias na Produção de Suínos**. Brasília, DF: ABCS; MAPA; Concórdia: EMBRAPA Suínos Aves, 2011. 140 p.

DJODJIC, F.; BÖRLING, K.; BERGSTRÖM, L. Phosphorus leaching in relation to soil type and soil phosphorus content. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 33, n. 2, p. 678-684, 2004.

EGHBALL, B.; BINFORD, G. D.; BALTENSPERGER, D. D. Phosphorus movement and adsorption in a soil receiving long-term manure and fertilizer application. **Journal of Environmental Quality**. Madison, v. 25, n. 6, p. 1339-1343, 1996.

ELSNER, R. J.; SPANGLER, J. G. F. Neurotoxicity of inhaled manganese: Public health danger in the shower? **Medical Hypotheses**, New York, v. 65, n. 3, p. 607–616, 2005.

EMBRAPA. **Produção Suínos: Manejo da Produção**. Embrapa Suínos e Aves, 2003. (Sistema de Produção, 1). Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/SP/suinos/manejoprodu.html>>. Acesso em: 26 mar. 2010.

ENSMINGER, M. E.; PARKER, R. O. **Swine Science**. 6th ed. Danville: Interstate Publishers, 1997, p. 55-56.

EPA. United States Environmental Protection Agency. **Aquatic life ambient freshwater quality criteria - copper**. Washington: EPA, 2007. 48 p. Disponível em: <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/criteria/aqlife/copper/upload/2009_04_27_criteria_copper_2007_criteria-full.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2013.

EPAGRI. Centro Integrado de Informações de Recursos Ambientais - CIRAM. **Inventário das terras da sub-bacia hidrográfica do rio Coruja / Bonito**. Florianópolis/SC: EPAGRI – CIRAM, 2000. 112 p.

ERNANI, P. R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. Lages: O Autor, 2008. 230 p.

ERTHAL, V. J. T. et al. Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 5, p. 467-477, 2010.

EUROPEAN UNION. **On the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture**. Brussels: European Union, 2009. 13 p. Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1986L0278:20090420:EN:PDF>>. Acesso em: 15 mar. 2013.

EXPERT GROUP ON VITAMINS AND MINERALS. UK Food Standards Agency. **Review of manganese revised version**. 2003. Disponível em: <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/evm_manganese.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2014.

FADIGAS, F. S. et al. Proposição de valores de referência para a concentração natural de metais pesados em solos brasileiros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n. 3, July/sept. 2006.

FEPAM. **Formulário para licenciamento de atividade de suinocultura**. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/licenciamento/Area4/13.asp?Instr=sim>>. Acesso em: 12 jun. 2014.

FILIZOLA, H. F.; GOMES, M. A. F.; SOUZA, M. D. **Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise de qualidade ambiental: solo, água e sedimentos**. Jaguariúna/SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2006. 169 p.

FONSECA, G. C. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de latossolo vermelho distrófico de cerrado sob duas rotações de cultura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 1, p. 22-30, mar. 2007.

GAUDRÉ, D.; QUINIOU, N. What mineral and vitamin levels to recommend in swine diets? **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 190-200, 2009. (Suplemento especial).

GESSEL, P. D. et al. Rate of fall-applied liquid swine manure: effects on runoff transport of sediment and phosphorus. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 33, n. 5, p. 1839-1844, 2004.

GIROTTO, E. et al. Acúmulo e formas de cobre e zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 955-965, 2010.

GONÇALVES, R. G.; PALMEIRA, E. M. Suinocultura Brasileira. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, n. 71, 2006. Disponível em: <<http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/>>. Acesso em: 21 jun. 2014.

GRÄBER, I. et al Accumulation of copper and zinc in danish agricultural soils in intensive pig production areas. **Danish Journal of Geography**, v. 105, n. 2, p. 15–22, 2005.

GRATTAN, S. R. et al Rice is more sensitive to salinity than previously thought. **California Agriculture**. v. 56, p. 189–195, 2002.

GREAT BRITAIN.DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS. **Protecting our water, soil and air: a code of good agricultural practice for farmers, growers and land managers**. Department for Environment, Food and Rural Affairs. Norwich: Stationery Office, 2009. 122 p.

HAHN, J. D.; BAKER, D. H. Growth and plasma zinc responses of young pigs fed pharmacologic levels of zinc. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n. 11, p. 3020-3024, 1993.

HEATHWAITE, L.; SHARPLEY, A.; GBUREK, W. A conceptual approach for integrating phosphorus and nitrogen management at watershed scales. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 29, n. 1, p. 158-166, 2000.

HÖLZEL, C. S. A. et al. Heavy metals in liquid pig manure in light of bacterial antimicrobial resistance. **Environmental Research**, New York, v. 113, p. 21–27, 2012.

HOMONCIK S. C. et al. Manganese concentrations in Scottish groundwater. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 408, n. 12, p. 2467–2473, 2010.

HOODA, P. S. Assessing bioavailability of soil trace elements. In: HOODA, P. S. (Ed.). **Trace elements in soils**. Chichester: Wiley-Blackwell, 2010. p. 229-265.

HOWARTH, R. W. et al Transport to and processing of P in near-shore and oceanic waters. In: TIESSEN, H. (Ed.). **Phosphorus in the global environment**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 1995. p. 171-200.

HSU, J. H.; LO, S. L. Effect of composting on characterization and leaching of copper, manganese, and zinc from swine manure. **Environmental Pollution**, Barking, v. 114, n. 1, p. 119–127, 2000.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de recuperação Automática - SIDRA**. 2010. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 20 jun. 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística **Censo Pecuário 2012**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtr/perfil.php?lang=&codmun=430100&search=rio-grande-do-sul|arroio-do-meio>>. Acesso em: 4 abr. 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística **Censo Demográfico 2013**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2013/>. Acesso em: 4 abr. 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006**: Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm>>. Acesso em: 20 jun. 2012.

JUNIOR, A. M. P.; MEINEZ, G. E. L.; MAGRO, N. Efeito da nutrição na quantidade e na qualidade dos dejetos de suínos. In: REUNIÃO ANUAL SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre: [s.n.], 1999. p. 281-294.

KABALA, C.; SINGH, B. R. Fractionation and mobility of copper, lead, and zinc in soil profiles in vicinity of a copper smelter. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 30, n. 2, p. 485-492, 2001.

KIEFER, C. et al. Sódio para leitões dos 9 aos 25kg mantidos sob conforto térmico. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 11, n. 2, p. 386-394 abr./jun., 2010.

KÖLELI, N. Speciation of chromium in 12 agricultural soils from Turkey. **Chemosphere**, Oxford, v. 57, n. 10, p. 1473-1478, 2004.

KONZEN, E. A. Valorização Agronômica dos Dejetos Suínos: utilização dos dejetos suínos como fertilizantes. In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE DEJETOS SUÍNOS NO SUDOESTE GOIANO, 1., 1997, Rio Verde, GO. **Anais...** Rio Verde, GO: [s.n.], 1997

KORNEGAY, E. T.; HARPER, A. F. Environmental nutrition: Nutrient management strategies to reduce nutrient excretion of swine. **The professional animal scientist**, v. 13, p. 99-111, 1997.

L'HERROUX, L. et al. Behaviour of metals following intensive pig slurry applications to a natural field treatment process in Brittany (France). **Environmental Pollution**, Barking, v. 97, n. 1-2, p. 119-130, 1997.

LEGROSA, S. et al. Fate and behaviour of Cu and Zn from pig slurry spreading in a tropical water–soil–plant system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 164, p. 70–79, 2013.

LEMOS, A. M. **Matéria orgânica e perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de preparo e de adubação orgânica e mineral em Argissolo vermelho amarelo**. 2011. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, 2011.

LI, P. et al. Anthropogenic pollution and variability of manganese in alluvial sediments of the Yellow River, Ningxia, northwest China. **Environmental Monitoring Assessment**, Dordrecht, v. 186, n. 3, p. 1385–1398, 2014.

LIMA, G. J. M. M.; SCAPINI, L. B.; TEVERNARI, F. C. **Comparação das exigências nutricionais para suínos machos castrados recomendadas pelas Tabelas Brasileiras (2011) e pelo NRC (2012)**. Concórdia, SC: EMBRAPA, 2012. (Comunicado Técnico, 508).

LI-XIAN, Y. et al. Salinity of animal manure and potential risk of secondary soil salinization through successive manure application. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 383, n. 1-3, p. 106-114, 2007.

MAHAN, D. C.; SHIELDS JUNIOR, R. G. Macro and micromineral composition of pigs from birth to 145 kg of body weight. **Journal of Animal Science**. Champaign, v. 76, n. 2, p. 506–512, 1998.

MALLMANN, F. J. K. **Simulação do transporte vertical de zinco, chumbo e cobre em solos contaminados**. 2009. 147 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Santa Maria/RS, 2009.

MARTINS, C. A. DA S. et al. A dinâmica de metais-traço no solo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 17, n. 3-4, p. 383-391, jul./set., 2011.

MARTINS, I.; LIMA, I. V. de. Ecotoxicologia do manganês e seus compostos. Salvador. **Cadernos de referência ambiental**, Salvador, v. 7, 2001, 121 p.

MATOS, A. T.; NETO, O. B. A.; MATOS, M. P. Saturação do complexo de troca de solos oxídicos com sódio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 5, p. 501–506, 2014.

MATTIAS, J. L. et al. Copper, zinc and manganese in soils of two watersheds in Santa Catarina with intensive use of pig slurry. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1445-1454, 2010.

MATTIAS, J. L. **Metais pesados em solos sob aplicação de dejetos líquidos de suínos em duas microbacias hidrográficas de Santa Catarina**. 2006. 165 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

McBRIDE, B. M. **Environmental chemistry of soils**. New York: Oxford University Press, 1994. 466 p.

McDOWELL, L. R. **Minerals in animal and human nutrition**. London: Academic Press, 1992. 524 p.

McGRATH, S. P. et al. Land application of sewage sludge-scientific perspectives of heavy metal loading limits in Europe and the United States. **Environmental Reviews**, Ottawa, v. 2. n. 1, p. 1-11, 1994.

MEURER, E. J.; BISSANI, C. A.; CARMONA, F. C. Solos ácidos e solos afetados por sais. In: MEURER, E. J. (Ed.). **Fundamentos de Química do Solo**. 5. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2012.

MORAL, R. et al. Salinity, organic content, micronutrients and heavy metals in pig slurries from South-eastern Spain. **Waste Management**, New York, v. 28, n. 2, p. 367–371, 2008.

MORES, N. et al. Manejo de leitões desde o nascimento até o abate. In: SOBESTIANSKY, J. et al. **Suinocultura intensiva Produção, Manejo e Saúde do rebanho**. Brasília: EMBRAPA, 1998. 388 p.

MORI, H. F. et al. Perda de água, solo e fósforo com aplicação de dejetos líquido bovino em Latossolo sob plantio direto e com chuva simulada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 189-198, 2009.

NICOLAIWSKY, S.; PRATES, E. R. **Alimentos e alimentação de suínos**. 4. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS. 1995. 58 p.

NOVAIS, R. F. de.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV, DPS, 1999. 399 p.

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirement of swine**. 11. ed. Washington, D.C.: National Academy of Science, 2012.

OGIYAMA, S. et al. Accumulation of zinc and copper in an arable field after animal manure application. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 51, n. 6, p. 801–808, 2005.

ONDREVILLE, C.; REVY, P. S.; DOURMAD, J. Y. Dietary means to better control the environmental impact of copper and zinc by pigs from weaning to slaughter. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 84, n. 2, p. 147-156, 2003.

- PASCHKE, M. W.; VALDECANTOS, A.; REDENTE, E. F. Manganese toxicity thresholds for restoration grass species. **Environmental Pollution**, Barking, v. 135, n. 2, p. 313–322, 2005.
- PERIN, E.; CERETTA, C. A.; KLAMT, E. Tempo de uso agrícola e propriedades químicas de dois Latossolos do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, p. 665–674, 2003
- PRIOR, M. **Efeito da água residuária de suinocultura no solo e na cultura do milho**. 2008. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu/SP, 2008.
- RAMA RAO, K. V. et al Manganese induces cell swelling in cultured astrocytes. **NeuroToxicology**, Amsterdam, v. 28, n. 4, p. 807–812, 2007.
- RHEINHEIMER, D. S. et al. Heavy metal transport modelling in soil: sorption/desorption phenomena, water fluxes and contaminant fate. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, v. 5, p. 135-180, 2007.
- RIO GRANDE DO SUL. Decreto nº 23.430, de 24 de outubro de 1974. Aprova Regulamento que dispõe sobre a promoção, proteção e recuperação da Saúde Pública. **Diário Oficial do Estado**, Porto Alegre, 24 out. 1974.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Meio Ambiente. Resolução CONSEMA nº 102, de 24 de maio de 2005. **Diário Oficial do Estado**, Porto Alegre, 25 ago. 2010.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Meio Ambiente. Resolução CONSEMA nº 232, de 25 de agosto de 2010. **Diário Oficial do Estado**, Porto Alegre, 25 ago. 2010.
- RONDÓN, E. O. O. et al. Exigências nutricionais de sódio e cloro e estimativa do melhor balanço eletrolítico da ração para frangos de corte na fase pré-inicial (1-7 dias de idade). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 1162-1166, 2000.
- ROSTAGNO, H. S. et al **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Universidade Federal de Viçosa – Departamento de Zootecnia. Viçosa/MG: UFV, DZO, 2011. 252 p.
- SANTOS, H. G. **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995. 101 p.
- SANTOS, R. C. **Aplicação de dejetos líquidos de suínos em solos: aspectos biológicos e químicos do percolado**. 2010. 94 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, 2010.

SBCS. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBCS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004. 394 p.

SCHERER, E. E.; NESI, C. N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1375-1383, 2010.

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T.; NESI, C. N. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 123-131, 2007.

SCHMIDT, J. P. Understanding phytotoxicity thresholds for trace elements in land-applied sewage sludge. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 26, n. 1, p. 4-10, 1997.

SEAB/PR. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. Departamento de Economia Rural do Paraná. **Suinocultura: Análise da Conjuntura Agropecuária**. <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/SuinoCultura_2012_2013.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2014.

SEGANFREDO, M. A. **Fósforo, Cobre e Zinco em solos submetidos à aplicação de dejetos animais: teores, formas e indicadores ambientais**. 2013. 152 p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, 2013.

SEGANFREDO, M. A. Impacto de Cu e Zn suprido via dejetos suínos ou fonte mineral no acúmulo no solo e absorção pelo feijoeiro, em três solos. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 6., 2006, Passo Fundo, RS. **Anais...** Passo Fundo: SBCS-NRS, 2006. 1 CD-ROM.

SEGANFREDO, M. A.; GIROTTO, A. F. Custos de armazenagem e aplicação juntam-se aos riscos ambientais como fatores restritivos ao uso de dejetos suínos como fertilizante do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. **Anais...** Recife: SBCS, 2005. 1 CD-ROM.

SHARPLEY, A. N. Dependence of runoff phosphorus on extractable soil phosphorus. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 24, p. 920-926, 1995.

SILVA, A. dos S. **Avaliação da toxicidade dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Campina Grande-PB**. 2012. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande/PB, 2012.

SIMIONI, J. et al. Riscos de contaminação do solo, águas subsuperficiais e fitoxidez às culturas por cobre e zinco aplicados via dejetos suínos. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12., 2002, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: [s.n.], 2002.

SINOTTI, A. P. S. **Avaliação do volume de dejetos e da carga de poluentes produzidos por suíno nas diferentes fases do ciclo criatório.** 2005. 100 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2005.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 10. ed. Porto Alegre: SBCS/Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2008. 50 p.

SODRÉ, F. F.; LENZI, E.; COSTA, A. C. Utilização de modelos físico-químicos de adsorção no estudo do comportamento do cobre em solos argilosos. **Química nova**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 324-330, 2001

SOUSA, F. A. et al. Redução do potencial poluidor de dejetos de suínos em Lagoas de estabilização em série. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 65-73, jan./feb. 2014

SOUZA, E. P.; SILVA, I. F.; FERREIRA, L. E. Mecanismos de tolerância a estresses por metais pesados em plantas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 17, n. 2-4, p. 167-173, abr.-jun., 2011

SPOSITO, G. **The surface chemistry of soil.** New York: Oxford University Press, 1984. 210 p.

TACK, F. M. G. Trace elements: general soil chemistry, principles and processes. In: HOODA. P. (Ed.). **Trace elements in soils.** Chichester: Wiley-Blackwell, 2010. p. 9-37.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 174 p.

THOMAS, B. L. Proposta de zoneamento ambiental para o município de Arroio do Meio – RS. **RAÍE GA**, Curitiba, v. 24, p. 199-226, 2012.

U. S. EPA. United States Environmental Protection Agency. **Method 3050b:** acid digestion of sediments, sludges, and soils. Washington: EPA. 1996b.

U. S. EPA. United States Environmental Protection Agency. **Method 3052:** Microwave assisted acid digestion of silicious and organically based matrices. Washington: EPA, 1996c. 20 p.

U. S. EPA. United States Environmental Protection Agency. **Standards for the use and disposal of sewage sludge.** Washington: EPA. 1996a. 751 p. (Code of Federal Regulations, 40, Part 503). Hill Book Company.

UNITED STATES. Office of the Federal Register (OFR). **Standards for the use or disposal of sewage sludge.** Whashington: OFR, 1999. Disponível em:

<<http://www.ecfr.gov/cgi-bin/textidx?c=ecfr&SID=ae98a0bdcdb936b12817cd563d4ebdd3&rgn=div5&view=text&node=40:31.0.1.2.42&idno=40#40:31.0.1.2.42>>. Acesso em: 15 mar. 2013.

USDA. United States Department of Agriculture. NRCS. Natural Resources Conservation Service. **Comprehensive nutrient management plan technical criteria**. Washington, 2009. Disponível em: <<http://directives.sc.egov.usda.gov/viewerFS.aspx?hid=25686>>. Acesso em: 3 mar. 2013.

VAN HEUGTEN, E.; FUNDERBURKE, D. W.; DORTON, K. L. Growth performance, nutrient digestibility, and fecal microflora in weanling pigs fed live yeast. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 4, p. 1004-1012, 2003.

VEIGA, M. et al. Chemical attributes of a Hapludox soil after nine years of pig slurry application. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 12, p. 1766-1773, 2012.

VIVAN, M. et al. Eficiência da interação biodigestor e lagoas de estabilização na remoção de poluentes em dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 3, p. 320–325, 2010.

WALKLEY, A; BLACK, I. A. Examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, Baltimore, v. 37, n. 1, p. 29-38, 1934.

WENZEL, W. W.; JOCKWER, F. Accumulation of heavy metals in plants grown on mineralized soils of the Austrian Alps. **Environmental Pollution**, New York, v. 104, n. 1, p. 145-155, 1999.

XU, Y. et al. Accumulation of copper and zinc in soil and plant within ten-year application of different pig manure rates. **Plant Soil and Environmental**, v. 59, n. 11, p. 492-499, 2013.

YAGÜE, A. P. Parâmetros produtivos em suínos em crescimento. **Suínos & Cia.**, ano 6, n. 25, 2008.

9. APÊNDICES

APÊNDICES 1. Cópias das Licenças de Operação

DEPARTAMENTO DO MEIO AMBIENTE - DMA
LICENÇA DE OPERAÇÃO N° 108/DMA/2012

O Município de Arroio do Meio, através do Departamento do Meio Ambiente - DMA, baseado na Constituição Federal do Brasil, na Constituição do Estado do Rio Grande do Sul, na Lei Federal n° 6.938/81, na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA de n° 237/97, na Lei Municipal n° 1.797/2000, conforme Processo Administrativo n° 59.417/2012 e Parecer Técnico n° 287/12, expede a presente Licença de Operação que autoriza a:

EMPREENDEDOR: Rudimar Graff

CPF: 563.026.570-91

ATIVIDADE: Suinocultura - Creche

CODRAM: 114,25

ENDEREÇO: Forqueta Baixa

MUNICÍPIO: Arroio do Meio - RS

CEP: 95.940-000

a promover a atividade de: Suinocultura - Creche com Capacidade máxima por lote: 1.200 animais

localizada: Forqueta Baixa, Município de Arroio do Meio - RS

com as seguintes CONDIÇÕES E RESTRIÇÕES:

1. O Responsável Técnico pelas informações é o Técnico em Agropecuária Wagner André Dalmas, CREA/RS 136.770, ART N° 6492771.

2. Quanto à localização e características das construções conforme Projeto Técnico apresentado:

2.1 As pocilgas, esterqueiras para estabilização dos dejetos e composteira para animais mortos, estão construídas em área localizada fora de Área de Preservação Permanente, conforme legislação ambiental vigente.

2.2 As pocilgas, esterqueiras para estabilização dos dejetos e composteira para animais mortos, estão construídas em área onde o lençol freático esteja a pelo menos 1,5 metros da superfície do solo, na situação crítica de maior precipitação pluviométrica.

2.3 A composteira, específica para as carcaças de animais mortos e outros resíduos orgânicos, deve ser mantida em condições aeróbias, com boa impermeabilização, além de outros cuidados, a fim de evitar a contaminação do lençol subterrâneo d'água.

2.4 A composteira para destinação dos animais mortos e outros resíduos orgânicos, deverá permanecer fechada.

2.5 A esterqueira deverá ser cercada.

3. Quanto ao Manejo e Armazenamento dos Dejetos e Destinação dos Resíduos Produzidos na Propriedade:

3.1 Não poderão ser lançados resíduos em qualquer corpo hídrico, mesmo que intermitente.

3.2 O sistema de destinação de dejetos deverá obedecer às condições estabelecidas no projeto apresentado pelo Técnico em Agropecuária Wagner André Dalmas, CREA/RS 136.770, ART N° 6492771, sendo que os resíduos gerados pela atividade somente poderão ser destinados para uso agrícola após decorridos 120 dias de estabilização.

3.3 As carcaças de animais mortos e resíduos de mesma origem deverão ser destinadas à compostagem, onde deverão ser misturados em camadas sucessivas de cama velha, maravalha nova, animais mortos, cama velha e maravalha nova.

3.4 O sistema de tratamento dos dejetos e/ou resíduos a serem gerados pela atividade deverá ter a capacidade compatível com a produção durante o período de no mínimo 120 dias, bem como deverão operar com uma folga técnica volumétrica de 20%, sendo que após este tempo devem ser manejados como adubação em solos agrícolas.

3.5 Não queimar ou enterrar o lixo produzido na propriedade.

3.6 Deverá ser preenchida e encaminhada anualmente, sempre no mês de dezembro, Planilha de Resíduos, para a totalidade dos resíduos gerados na atividade. A planilha encontra-se à disposição do empreendedor no Departamento de Meio Ambiente.

4. Quanto às Características da Área de Aplicação:

4.1 Deverão ser utilizados os solos com boa drenagem interna, não sujeitos a inundações periódicas.

4.2 O lençol freático deverá estar a pelo menos 1,5 metros da superfície do solo, na situação crítica de maior precipitação pluviométrica.

4.3 Deverão ser adotadas práticas adequadas de controle de erosão, de acordo com a orientação técnica.

4.4 As áreas agrícolas receptoras dos dejetos compostados devem situar-se fora de Área de Preservação Permanente, de rios, nascentes, banhados e olhos d'água mesmo que intermitentes e 50 metros das habitações vizinhas e das margens das estradas.

4.5 A aplicação dos resíduos deverá observar os aspectos indicados no projeto apresentado pelo Técnico em Agropecuária Wagner André Dalmas, CREA/RS 136.770, ART N° 6492771.

5. Quanto às Condições da Propriedade:

5.1 O manejo da vegetação existente na propriedade, somente poderá ser realizado mediante prévia autorização do Órgão Ambiental responsável.

5.2 É expressamente proibida a caça de espécimes da fauna silvestre.

5.3 A utilização de agrotóxicos e/ou medicamentos na propriedade somente poderá ser realizado mediante o cumprimento do que prescreve o Receituário Agrônomo e/ou o Receituário Veterinário.

5.4 As embalagens de agrotóxicos e/ou produtos veterinários deverão ser mantidas em local fresco e coberto.

6. Outros

6.1 O Empreendedor e o Responsável Técnico são responsáveis por disponibilizar e manter condições operacionais adequadas, respondendo por quaisquer danos ao Meio Ambiente, decorrentes da má operação do empreendimento.

6.2 A aprovação de todos os projetos técnicos referentes a esta atividade agro-pastoril não exime a Responsabilidade Técnica dos Projetistas.

Com Vistas à Renovação da LICENÇA DE OPERAÇÃO, o empreendedor deverá apresentar:

1. Requerimento solicitando a renovação da Licença de Operação.
2. Formulário de Licenciamento Ambiental adequado, devidamente preenchido.
3. Cópia da Licença de Operação emitida pelo DMA.
4. Total observância aos itens da Licença de Operação emitida pelo DMA.
5. Declaração assinada pelo empreendedor e responsável técnico, destacando a ocorrência ou não de alterações junto ao sistema criatório ora licenciado.
6. Deverá ser apresentada declaração de anuência dos lindeiros afetados pelo empreendimento, caso a distância entre os mesmos seja inferior a 50 metros
7. Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) pelas informações técnicas, tratamento e destinação dos resíduos gerados, bem como pelo manejo e disposição dos resíduos no solo.
8. Relatório fotográfico atualizado.
9. Croqui de situação e localização.

Esta licença só é válida para as condições e restrições contidas acima e até 13/09/2016. Este documento perderá a validade, caso os dados fornecidos pelo requerente não correspondam à realidade.

A presente licença não dispensa, nem substitui quaisquer Alvarás ou Certidões de qualquer natureza exigidos pela legislação Federal, Estadual ou Municipal.

Arroio do Meio, 13 de Setembro de 2012.

Paulo Henrique Rubim Barbosa
Dirigente de Núcleo

DEPARTAMENTO DO MEIO AMBIENTE - DMA
LICENÇA DE OPERAÇÃO N° 125/DMA/2012

O Município de Arroio do Meio, através do Departamento do Meio Ambiente - DMA, baseado na Constituição Federal do Brasil, na Constituição do Estado do Rio Grande do Sul, na Lei Federal n° 6.938/81, na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA de n° 237/97, na Lei Municipal n° 1.797/2000, conforme Processo Administrativo n° 59.418/2012 e Parecer Técnico n° 346/12, expede a presente Licença de Operação que autoriza a:

EMPREENDEDOR: Telmo Giareta
CPF: 196.671.910-87
ATIVIDADE: Suinocultura - Terminação
CODRAM: 114,24
ENDEREÇO: Forqueta Baixa
MUNICÍPIO: Arroio do Meio - RS
CEP: 95.940-000

a promover a atividade de: Suinocultura - terminação, com capacidade máxima por lote de 1000 suínos.

localizada: Forqueta Baixa, Arroio do Meio/RS.

com as seguintes CONDIÇÕES E RESTRIÇÕES:

1. O Responsável Técnico pelas informações é o Técnico em Agropecuária Wagner André Dalmas, CREA/RS 136770, ART N° 643220.
2. **Quanto à localização e características das construções conforme Projeto Técnico apresentado:**
 - 2.1 As pocilgas, esterqueiras para estabilização dos dejetos e composteira para animais mortos, estão construídas em área localizada a uma distância superior a 50 metros das frentes de estrada e habitações de terrenos vizinhos, conforme Artigo 320 (letra a), do Decreto Estadual N°. 23.430, de 24 de outubro de 1974;
 - 2.2 As pocilgas, esterqueiras para estabilização dos dejetos e composteira para animais mortos, estão construídas em área onde o lençol freático esteja a pelo menos 1,5 metros da superfície do solo, na situação crítica de maior precipitação pluviométrica;
 - 2.3 As pocilgas, a composteira para animais mortos e as lagoas de estabilização dos dejetos estão localizadas fora de Área de Preservação Permanente, conforme estabelecido na legislação ambiental vigente;
 - 2.4 A composteira, específica para as carcaças de animais mortos e outros resíduos orgânicos, deve ser mantida em condições aeróbias, com boa impermeabilização, além de outros cuidados, a fim de evitar a contaminação do lençol subterrâneo d'água;
 - 2.5 A composteira para destinação dos animais mortos, deverá permanecer fechada;
 - 2.6 As esterqueiras deverão ser todas cercadas.

3. Quanto ao Manejo e Armazenamento dos Dejetos e Destinação dos Resíduos Produzidos na Propriedade

3.1 Não poderão ser lançados resíduos em qualquer corpo hídrico, mesmo que intermitente;

3.2 O sistema de destinação de dejetos deverá obedecer às condições estabelecidas no projeto apresentado pelo Responsável Técnico, Técnico em Agropecuária Wagner André Dalmas, CREA/RS 136770, ART N° 643220, sendo que os resíduos gerados pela atividade somente poderão ser destinados para uso agrícola após decorridos 120 dias de estabilização;

3.3 As carcaças de animais mortos e resíduos de mesma origem deverão ser destinadas à compostagem, onde deverão ser misturados em camadas sucessivas de cama velha, maravalha nova, animais mortos, cama velha e maravalha nova;

3.4 O sistema de tratamento dos dejetos e/ou resíduos a serem gerados pela atividade deverá ter a capacidade compatível com a produção durante o período de no mínimo 120 dias, bem como deverão operar com uma folga técnica volumétrica de 20%, sendo que após este tempo devem ser manejados como adubação em solos agrícolas;

3.5 Não queimar ou enterrar o lixo produzido na propriedade;

3.6 Deverá ser preenchida e encaminhada anualmente, sempre no mês de dezembro, Planilha de Resíduos, para a totalidade dos resíduos gerados na atividade. A planilha encontra-se à disposição do empreendedor no Departamento de Meio Ambiente.

4. Quanto às Características da Área de Aplicação

4.1 Deverão ser utilizados os solos com boa drenagem interna, não sujeitos a inundações periódicas;

4.2 O lençol freático deverá estar a pelo menos 1,5 metros da superfície do solo, na situação crítica de maior precipitação pluviométrica;

4.3 Deverão ser adotadas práticas adequadas de controle de erosão, de acordo com a orientação técnica;

4.4 As áreas agrícolas receptoras dos dejetos compostados devem situar-se fora de Área de Preservação Permanente de corpos hídricos naturais, nascentes, banhados e olhos d'água mesmo que intermitentes e 50 metros das habitações vizinhas e das margens das estradas;

4.5 A aplicação dos resíduos deverá observar os aspectos indicados no projeto apresentado pelo Técnico em Agropecuária Wagner André Dalmas, CREA/RS 136770, ART N° 643220.

5. Quanto às Condições da Propriedade

5.1 O manejo da vegetação existente na propriedade, somente poderá ser realizado mediante prévia autorização do órgão ambiental responsável;

5.2 É expressamente proibida a caça de espécimes da fauna silvestre;

5.3 A utilização de agrotóxicos e/ou medicamentos na propriedade somente poderá ser realizado mediante o cumprimento do que prescreve o Receituário Agrônomo e/ou o Receituário Veterinário;

5.4 As embalagens de agrotóxicos e/ou produtos veterinários deverão ser mantido em local fresco e coberto.

6. Outros

6.1 O Empreendedor e o Responsável Técnico são responsáveis por disponibilizar e manter condições operacionais adequadas, respondendo por quaisquer danos ao Meio Ambiente, decorrentes da má operação do empreendimento;

6.2 A aprovação de todos os projetos técnicos referentes a esta atividade agro-pastoril não exime a Responsabilidade Técnica dos Projetistas;

Com Vistas à Renovação da LICENÇA DE OPERAÇÃO, o empreendedor deverá apresentar:

1. Requerimento solicitando a renovação da Licença de Operação;
2. Formulário de Licenciamento Ambiental adequado, devidamente preenchido;
3. Cópia da Licença de Operação emitida pelo DMA;
4. Total observância aos itens da Licença de Operação emitida pelo DMA;
5. Declaração assinada pelo empreendedor e responsável técnico, destacando a ocorrência ou não de alterações junto ao sistema criatório ora licenciado;
6. Deverá ser apresentada declaração de anuência dos lindeiros afetados pelo empreendimento, caso a distância entre os mesmos seja inferior a 50 metros;
7. Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) pelas informações técnicas, tratamento e destinação dos resíduos gerados, bem como pelo manejo e disposição dos resíduos no solo;
8. Relatório fotográfico atualizado;
9. Planilha de destinação dos resíduos gerados pela atividade durante o período de vigência desta Licença;
10. Croqui de situação e localização.

Esta licença só é válida para as condições e restrições contidas acima e até 12/11/2016. Este documento perderá a validade, caso os dados fornecidos pelo requerente não correspondam à realidade.

A presente licença não dispensa, nem substitui quaisquer Alvarás ou Certidões de qualquer natureza exigidos pela legislação Federal, Estadual ou Municipal.

Arroio do Meio, 12 de novembro de 2012.

Paulo Henrique Rubim Barbosa
Dirigente de Núcleo

DEPARTAMENTO DO MEIO AMBIENTE - DMA
LICENÇA DE OPERAÇÃO N° 67/DMA/2012

O Município de Arroio do Meio, através do Departamento do Meio Ambiente - DMA, baseado na Constituição Federal do Brasil, na Constituição do Estado do Rio Grande do Sul, na Lei Federal n° 6.938/81, na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA de n° 237/97, na Lei Municipal n° 1.797/2000, conforme Processo Administrativo n° 58.040/2012 e Parecer Técnico n° 200/12, expede a presente Licença de Operação que autoriza a:

EMPREENDEDOR: Marcio Andre Heineck
CPF: 017.248.200-36
ATIVIDADE: Suinocultura - Creche
CODRAM: 114,25
ENDEREÇO: Linha Forqueta
MUNICÍPIO: Arroio do Meio - RS
CEP: 95.940-000

a promover a atividade; Suinocultura - Creche Capacidade máxima por lote: 1.200 animais
localizada: Linha de Forqueta ,Arroio do Meio - RS

com as seguintes CONDIÇÕES E RESTRIÇÕES:

1. O Responsável Técnico pelas informações é Engenheiro Agrícola André Rosenbach CREA/RS 112.050, ART N° 6379584.

2. Quanto à localização e características das construções conforme Projeto Técnico apresentado:

2.1 As pocilgas, esterqueiras para estabilização dos dejetos e composteira para animais mortos, estão construídas em área localizada a uma distância superior a 50 metros das frentes de estrada e habitações de terrenos vizinhos, conforme Artigo 320 (letra a), do Decreto Estadual N°. 23.430, de 24 de outubro de 1974.

2.2 As pocilgas, esterqueiras para estabilização dos dejetos e composteira para animais mortos, estão construídas em área onde o lençol freático esteja a pelo menos 1,5 metros da superfície do solo, na situação crítica de maior precipitação pluviométrica.

2.3 As pocilgas, a composteira para animais mortos e as lagoas de estabilização dos dejetos estão localizadas fora de Área de Preservação Permanente, conforme estabelecido na legislação ambiental vigente.

2.4 A composteira, específica para as carcaças de animais mortos e outros resíduos orgânicos, deve ser mantida em condições aeróbias, com boa impermeabilização, além de outros cuidados, a fim de evitar a contaminação do lençol subterrâneo d'água.

2.5 A composteira para destinação dos animais mortos e outros resíduos orgânicos, deverá permanecer fechada.

3. Quanto ao Manejo e Armazenamento dos Dejetos e Destinação dos Resíduos Produzidos na Propriedade:

3.1 Não poderão ser lançados resíduos em qualquer corpo hídrico, mesmo que intermitente.

3.2 O sistema de destinação de dejetos deverá obedecer às condições estabelecidas no projeto apresentado pelo Engenheiro Agrícola André Rosenbach, CREA/RS 112050, ART N° 6379584, sendo que os resíduos gerados pela atividade somente poderão ser destinados para uso agrícola após decorridos 120 dias de estabilização.

3.3 As carcaças de animais mortos e resíduos de mesma origem deverão ser destinadas à compostagem, onde deverão ser misturados em camadas sucessivas de cama velha, maravalha nova, animais mortos, cama velha e maravalha nova.

3.4 O sistema de tratamento dos dejetos e/ou resíduos a serem gerados pela atividade deverá ter a capacidade compatível com a produção durante o período de no mínimo 120 dias, bem como deverão operar com uma folga técnica volumétrica de 20%, sendo que após este tempo devem ser manejados como adubação em solos agrícolas.

3.5 Não queimar ou enterrar o lixo produzido na propriedade.

3.6 Deverá ser preenchida e encaminhada anualmente, sempre no mês de dezembro, Planilha de Resíduos, para a totalidade dos resíduos gerados na atividade. A planilha encontra-se à disposição do empreendedor no Departamento de Meio Ambiente.

4. Quanto às Características da Área de Aplicação:

4.1 Deverão ser utilizados os solos com boa drenagem interna, não sujeitos a inundações periódicas.

4.2 O lençol freático deverá estar a pelo menos 1,5 metros da superfície do solo, na situação crítica de maior precipitação pluviométrica.

4.3 Deverão ser adotadas práticas adequadas de controle de erosão, de acordo com a orientação técnica.

4.4 As áreas agrícolas receptoras dos dejetos compostados devem situar-se fora de Área de Preservação Permanente, de rios, nascentes, banhados e olhos d'água mesmo que intermitentes e 50 metros das habitações vizinhas e das margens das estradas.

4.5 A aplicação dos resíduos deverá observar os aspectos indicados no projeto apresentado pelo Engenheiro Agrícola André Rosenbach, CREA/RS 112050, ART N° 6379584.

5. Quanto às Condições da Propriedade:

5.1 O manejo da vegetação existente na propriedade, somente poderá ser realizado mediante prévia autorização do Órgão Ambiental responsável.

5.2 É expressamente proibida a caça de espécimes da fauna silvestre.

5.3 A utilização de agrotóxicos e/ou medicamentos na propriedade somente poderá ser realizado mediante o cumprimento do que prescreve o Receituário Agrônômico e/ou o Receituário Veterinário.

5.4 As embalagens de agrotóxicos e/ou produtos veterinários deverão ser mantidas em local fresco e coberto.

5.5 Deverá ser implantado cortinamento vegetal composto preferencialmente por espécies nativas.

6. Outros

6.1 O Empreendedor e o Responsável Técnico são responsáveis por disponibilizar e manter condições operacionais adequadas, respondendo por quaisquer danos ao Meio Ambiente, decorrentes da má operação do empreendimento.

6.2 A aprovação de todos os projetos técnicos referentes a esta atividade agro-pastoril não exime a Responsabilidade Técnica dos Projetistas.

Com Vistas à Renovação da LICENÇA DE OPERAÇÃO, o empreendedor deverá apresentar:

1. Requerimento solicitando a renovação da Licença de Operação.
2. Formulário de Licenciamento Ambiental adequado, devidamente preenchido.
3. Cópia da Licença de Operação emitida pelo DMA.
4. Total observância aos itens da Licença de Operação emitida pelo DMA.
5. Declaração assinada pelo empreendedor e responsável técnico, destacando a ocorrência ou não de alterações junto ao sistema criatório ora licenciado.
6. Deverá ser apresentada declaração de anuência dos lindeiros afetados pelo empreendimento, caso a distância entre os mesmos seja inferior a 50 metros
7. Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) pelas informações técnicas, tratamento e destinação dos resíduos gerados, bem como pelo manejo e disposição dos resíduos no solo.
8. Relatório fotográfico atualizado.
9. Croqui de situação e localização.

Esta licença só é válida para as condições e restrições contidas acima e até 06/07/2016. Este documento perderá a validade, caso os dados fornecidos pelo requerente não correspondam à realidade.

A presente licença não dispensa, nem substitui quaisquer Alvarás ou Certidões de qualquer natureza exigidos pela legislação Federal, Estadual ou Municipal.

Arroio do Meio, 06 de Julho de 2012.

Paulo Henrique Rubim Barbosa
Dirigente de Núcleo

DEPARTAMENTO DO MEIO AMBIENTE - DMA
LICENÇA DE OPERAÇÃO Nº52/DMA/2012

O Município de Arroio do Meio, através do Departamento do Meio Ambiente - DMA, baseado na Constituição Federal do Brasil, na Constituição do Estado do Rio Grande do Sul, na Lei Federal nº 6.938/81, na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA de nº 237/97, na Lei Municipal nº 1.797/2000, conforme Processo Administrativo nº 56.193/2012 e Parecer Técnico nº 162/12, expede a presente Licença de Operação que autoriza a:

EMPREENDEDOR: Hardi Lenhardt
CPF: 227.855.150-72
ATIVIDADE: Suinocultura
CODRAM: 114,25
ENDEREÇO: Linha Forqueta
MUNICÍPIO: Arroio do Meio - RS
CEP: 95.940-000

a promover a atividade; de Suinocultura - Creche
Capacidade máxima por lote: 900 animais
localizada: Linha de Forqueta, Arroio do Meio - RS

com as seguintes CONDIÇÕES E RESTRIÇÕES:

1. O Responsável Técnico pelas informações é Engenheiro Agrônomo Fernando Luis Barcellos Mallmann, CREA/RS 102.205, ART Nº 6156353.

2. Quanto à localização e características das construções conforme Projeto Técnico apresentado:

2.1 As pocilgas, esterqueiras para estabilização dos dejetos e composteira para animais mortos, estão construídas em área localizada a uma distância superior a 50 metros das frentes de estrada e habitações de terrenos vizinhos, conforme Artigo 320 (letra a), do Decreto Estadual Nº. 23.430, de 24 de outubro de 1974.

2.2 As pocilgas, esterqueiras para estabilização dos dejetos e composteira para animais mortos, estão construídas em área onde o lençol freático esteja a pelo menos 1,5 metros da superfície do solo, na situação crítica de maior precipitação pluviométrica.

2.3 As pocilgas, a composteira para animais mortos e as lagoas de estabilização dos dejetos estão localizadas fora de Área de Preservação Permanente, conforme estabelecido na legislação ambiental vigente.

2.4 A composteira, específica para as carcaças de animais mortos e outros resíduos orgânicos, deve ser mantida em condições aeróbias, com boa impermeabilização, além de outros cuidados, a fim de evitar a contaminação do lençol subterrâneo d'água.

2.5 A composteira para destinação dos animais mortos e outros resíduos orgânicos, deverá permanecer fechada.

2.6 As esterqueiras deverá ser cercadas.

3. Quanto ao Manejo e Armazenamento dos Dejetos e Destinação dos Resíduos Produzidos na Propriedade:

3.1 Não poderão ser lançados resíduos em qualquer corpo hídrico, mesmo que intermitente.

3.2 O sistema de destinação de dejetos deverá obedecer às condições estabelecidas no projeto apresentado pelo Engenheiro Agrônomo Fernando Luis Barcellos Mallmann, CREA/RS 102.205, ART N° 6156353, sendo que os resíduos gerados pela atividade somente poderão ser destinados para uso agrícola após decorridos 120 dias de estabilização.

3.3 As carcaças de animais mortos e resíduos de mesma origem deverão ser destinadas à compostagem, onde deverão ser misturados em camadas sucessivas de cama velha, maravalha nova, animais mortos, cama velha e maravalha nova.

3.4 O sistema de tratamento dos dejetos e/ou resíduos a serem gerados pela atividade deverá ter a capacidade compatível com a produção durante o período de no mínimo 120 dias, bem como deverão operar com uma folga técnica volumétrica de 20%, sendo que após este tempo devem ser manejados como adubação em solos agrícolas.

3.5 Não queimar ou enterrar o lixo produzido na propriedade.

3.6 Deverá ser preenchida e encaminhada anualmente, sempre no mês de dezembro, Planilha de Resíduos, para a totalidade dos resíduos gerados na atividade. A planilha encontra-se à disposição do empreendedor no Departamento de Meio Ambiente.

4. Quanto às Características da Área de Aplicação:

4.1 Deverão ser utilizados os solos com boa drenagem interna, não sujeitos a inundações periódicas.

4.2 O lençol freático deverá estar a pelo menos 1,5 metros da superfície do solo, na situação crítica de maior precipitação pluviométrica.

4.3 Deverão ser adotadas práticas adequadas de controle de erosão, de acordo com a orientação técnica.

4.4 As áreas agrícolas receptoras dos dejetos compostados devem situar-se a uma distância mínima de 30 metros dos corpos hídricos naturais com até 10 metros de largura, 50 metros para nascentes, banhados e olhos d'água mesmo que intermitentes e 50 metros das habitações vizinhas e das margens das estradas.

4.5 Quando o recurso hídrico possuir largura superior a 50 metros, as áreas agrícolas receptoras de dejetos compostados devem situar-se a uma distância mínima de 100 metros do mesmo, respeitando as áreas de preservação permanente conforme Art. 2º do Código Florestal Federal, Lei Nº. 4.771, de 15 de setembro de 1965 e Resolução CONAMA Nº. 303, de 20 de março de 2002;

4.6 A aplicação dos resíduos deverá observar os aspectos indicados no projeto apresentado pelo Engenheiro Agrônomo Fernando Luis Barcellos Mallmann, CREA/RS 102.205, ART Nº 6156353.

5. Quanto às Condições da Propriedade:

5.1 O manejo da vegetação existente na propriedade, somente poderá ser realizado mediante prévia autorização do Órgão Ambiental responsável.

5.2 É expressamente proibida a caça de espécimes da fauna silvestre.

5.3 A utilização de agrotóxicos e/ou medicamentos na propriedade somente poderá ser realizado mediante o cumprimento do que prescreve o Receituário Agrônômico e/ou o Receituário Veterinário.

5.4 As embalagens de agrotóxicos e/ou produtos veterinários deverão ser mantidas em local fresco e coberto.

5.5 Deverá haver substituição gradativa do cortinamento vegetal composto pela espécie exótica Uva-do-japão (*Hovenia dulcis*).

6. Outros

6.1 O Empreendedor e o Responsável Técnico são responsáveis por disponibilizar e manter condições operacionais adequadas, respondendo por quaisquer danos ao Meio Ambiente, decorrentes da má operação do empreendimento.

6.2 A aprovação de todos os projetos técnicos referentes a esta atividade agro-pastoril não exime a Responsabilidade Técnica dos Projetistas.

Com Vistas à Renovação da LICENÇA DE OPERAÇÃO, o empreendedor deverá apresentar:

1. Requerimento solicitando a renovação da Licença de Operação.
2. Formulário de Licenciamento Ambiental adequado, devidamente preenchido.
3. Cópia da Licença de Operação emitida pelo DMA.
4. Total observância aos itens da Licença de Operação emitida pelo DMA.
5. Declaração assinada pelo empreendedor e responsável técnico, destacando a ocorrência ou não de alterações junto ao sistema criatório ora licenciado.
6. Deverá ser apresentada declaração de anuência dos lindeiros afetados pelo empreendimento, caso a distância entre os mesmos seja inferior a 50 metros
7. Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) pelas informações técnicas, tratamento e destinação dos resíduos gerados, bem como pelo manejo e disposição dos resíduos no solo.
8. Relatório fotográfico atualizado.
9. Croqui de situação e localização.

Deverá ser solicitada a renovação desta licença, com antecedência e antes do vencimento da mesma.

Esta licença só é válida para as condições e restrições contidas acima e até 05/06/2016. Este documento perderá a validade, caso os dados fornecidos pelo requerente não correspondam à realidade.

A presente licença não dispensa, nem substitui quaisquer Alvarás ou Certidões de qualquer natureza exigidos pela legislação Federal, Estadual ou Municipal.

Arroio do Meio, 05 de Junho de 2012.

Paulo Henrique Rubim Barbosa
Dirigente de Núcleo

DEPARTAMENTO DO MEIO AMBIENTE - DMA
LICENÇA DE OPERAÇÃO N°44/DMA/2013

O Município de Arroio do Meio, através do Departamento do Meio Ambiente - DMA, baseado na Constituição Federal do Brasil, na Constituição do Estado do Rio Grande do Sul, na Lei Federal n° 6.938/81, na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA de n° 237/97, na Lei Municipal n° 1.797/2000, conforme Processo Administrativo n° 65.299/2013 e Parecer Técnico n° 194/13, expede a presente Licença de Operação que autoriza a:

EMPREENDEDOR: Cláudio Gabriel
CPF: 192.791.670-49
ATIVIDADE: Suinocultura-Terminação
CODRAM:114,24
ENDEREÇO: Forqueta Baixa
MUNICÍPIO: Arroio do Meio - RS
CEP: 95.940-000

a promover a atividade: Suinocultura - Terminação com Capacidade máxima por lote de 720 suínos

localizada: Forqueta Baixa, Arroio do Meio, RS.

com as seguintes CONDIÇÕES E RESTRIÇÕES:

1. O Responsável Técnico pelas informações é o Engenheiro Agrícola Andre Rosenbach, CREA RS 112050, ART 6902904.
2. **Quanto à localização e características das construções conforme Projeto Técnico apresentado**
 - 2.1 As pocilgas, esterqueiras para estabilização dos dejetos e composteira para animais mortos, estão construídas em área localizada a uma distância superior a 50 metros das frentes de estrada e habitações de terrenos vizinhos, conforme Artigo 320 (letra a), do Decreto Estadual N°. 23.430, de 24 de outubro de 1974;
 - 2.2 As pocilgas, esterqueiras para estabilização dos dejetos e composteira para animais mortos, estão construídas em área onde o lençol freático esteja a pelo menos 1,5 metros da superfície do solo, na situação crítica de maior precipitação pluviométrica;
 - 2.3 As pocilgas, a composteira para animais mortos e as lagoas de estabilização dos dejetos estão localizadas fora de Área de Preservação Permanente, conforme estabelecido na legislação ambiental vigente;
 - 2.4 A composteira, específica para as carcaças de animais mortos e outros resíduos orgânicos, deve ser mantida em condições aeróbias, com boa impermeabilização, além de outros cuidados, a fim de evitar a contaminação do lençol subterrâneo d'água;
 - 2.5 A composteira para destinação dos animais mortos, deverá permanecer fechada;
 - 2.6 As esterqueiras deverão permanecer cercadas.

3. Quanto ao Manejo e Armazenamento dos Dejetos e Destinação dos Resíduos Produzidos na Propriedade

3.1 Não poderão ser lançados resíduos em qualquer corpo hídrico, mesmo que intermitente;

3.2 O sistema de destinação de dejetos deverá obedecer às condições estabelecidas no projeto apresentado pelo Responsável Técnico, Engenheiro Agrícola Andre Rosenbach, CREA RS 112050, ART 6902904, sendo que os resíduos gerados pela atividade somente poderão ser destinados para uso agrícola após decorridos 120 dias de estabilização;

3.3 As carcaças de animais mortos e resíduos de mesma origem deverão ser destinadas à compostagem, onde deverão ser misturados em camadas sucessivas de cama velha, maravalhanova, animais mortos, cama velha e maravalha nova;

3.4 O sistema de tratamento dos dejetos e/ou resíduos a serem gerados pela atividade deverá ter a capacidade compatível com a produção durante o período de no mínimo 120 dias, bem como deverão operar com uma folga técnica volumétrica de 20%, sendo que após este tempo devem ser manejados como adubação em solos agrícolas;

3.5 Não queimar ou enterrar o lixo produzido na propriedade;

3.6 Deverá ser preenchida e encaminhada anualmente, sempre no mês de dezembro, Planilha de Resíduos, para a totalidade dos resíduos gerados na atividade. A planilha encontra-se à disposição do empreendedor no Departamento de Meio Ambiente.

4. Quanto às Características da Área de Aplicação

4.1 Deverão ser utilizados os solos com boa drenagem interna, não sujeitos a inundações periódicas;

4.2 O lençol freático deverá estar a pelo menos 1,5 metros da superfície do solo, na situação crítica de maior precipitação pluviométrica;

4.3 Deverão ser adotadas práticas adequadas de controle de erosão, de acordo com a orientação técnica;

4.4 As áreas agrícolas receptoras dos dejetos compostados devem situar-se fora de Área de Preservação Permanente de corpos hídricos naturais, nascentes, banhados e olhos d'água mesmo que intermitentes e 50 metros das habitações vizinhas e das margens das estradas;

4.5 A aplicação dos resíduos deverá observar os aspectos indicados no projeto apresentado pelo Engenheiro Agrícola Andre Rosenbach, CREA RS 112050, ART 6902904.

5. Quanto às Condições da Propriedade

5.1 O manejo da vegetação existente na propriedade, somente poderá ser realizado mediante prévia autorização do órgão ambiental responsável;

5.2 É expressamente proibida a caça de espécimes da fauna silvestre;

5.3 A utilização de agrotóxicos e/ou medicamentos na propriedade somente poderá ser realizado mediante o cumprimento do que prescreve o Receituário Agrônômico e/ou o Receituário Veterinário;

5.4 As embalagens de agrotóxicos e/ou produtos veterinários deverão ser mantido em local fresco e coberto.

6. Outros

6.1 O Empreendedor e o Responsável Técnico são responsáveis por disponibilizar e manter condições operacionais adequadas, respondendo por quaisquer danos ao Meio Ambiente, decorrentes da má operação do empreendimento;

6.2 A aprovação de todos os projetos técnicos referentes a esta atividade agro-pastoril não exime a Responsabilidade Técnica dos projetistas;

Com Vistas à Renovação da LICENÇA DE OPERAÇÃO, o empreendedor deverá apresentar:

1. Requerimento solicitando a renovação da Licença de Operação;
2. Formulário de Licenciamento Ambiental adequado, devidamente preenchido;
3. Cópia da Licença de Operação emitida pelo DMA;
4. Total observância aos itens da Licença de Operação emitida pelo DMA;
5. Declaração assinada pelo empreendedor e responsável técnico, destacando a ocorrência ou não de alterações junto ao sistema criatório ora licenciado;
6. Deverá ser apresentada declaração de anuência dos lindeiros afetados pelo empreendimento, caso a distância entre os mesmos seja inferior a 50 metros;
7. Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) pelas informações técnicas, tratamento e destinação dos resíduos gerados, bem como pelo manejo e disposição dos resíduos no solo;
8. Relatório fotográfico atualizado;
9. Planilha de destinação dos resíduos gerados pela atividade durante o período de vigência desta Licença;
10. Croqui de situação e localização.

Esta licença só é válida para as condições e restrições contidas acima e até 02/08/2017. Este documento perderá a validade, caso os dados fornecidos pelo requerente não correspondam à realidade.

A presente licença não dispensa, nem substitui quaisquer Alvarás ou Certidões de qualquer natureza exigidos pela legislação Federal, Estadual ou Municipal.

Arroio do Meio, 02 de agosto de 2013.

Paulo Henrique Rubim Barbosa
Dirigente de Núcleo

DEPARTAMENTO DO MEIO AMBIENTE - DMA
LICENÇA DE OPERAÇÃO Nº04/DMA/2014

O Município de Arroio do Meio, através do Departamento do Meio Ambiente - DMA, baseado na Constituição Federal do Brasil, na Constituição do Estado do Rio Grande do Sul, na Lei Federal nº 6.938/81, na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA de nº 237/97, na Lei Municipal nº 1.797/2000, conforme Processo Administrativo nº 63.773/2013 e Parecer Técnico nº 009/14, expede a presente Licença de Operação que autoriza a:

EMPREENDEDOR: José Vendelino Barkert e Marco Antonio Barkert

CPF: 015.261.460-53 e 591.129.300-59

ATIVIDADE: Suinocultura - Terminação

CODRAM: 114,24

ENDEREÇO: Forqueta

MUNICÍPIO: Arroio do Meio - RS

CEP: 95.940-000

a promover a atividade: Suinocultura - Terminação com Capacidade máxima por lote de 1000 suínos

localizada: Forqueta, no Município de Arroio do Meio/RS.

com as seguintes CONDIÇÕES E RESTRIÇÕES:

1. O Responsável Técnico pelas informações é o Engenheiro Agrícola Andre Rosenbach, CREA RS 112050, ART 6798935.

2. Quanto à localização e características das construções conforme Projeto Técnico apresentado:

2.1 As pocilgas, esterqueiras para estabilização dos dejetos e composteira para animais mortos, estão construídas em área localizada a uma distância superior a 50 metros das frentes de estrada e habitações de terrenos vizinhos, conforme Artigo 320 (letra a), do Decreto Estadual Nº. 23.430, de 24 de outubro de 1974;

2.2 As pocilgas, esterqueiras para estabilização dos dejetos e composteira para animais mortos, estão construídas em área onde o lençol freático esteja a pelo menos 1,5 metros da superfície do solo, na situação crítica de maior precipitação pluviométrica;

2.3 As pocilgas, a composteira para animais mortos e as lagoas de estabilização dos dejetos estão localizadas fora de Área de Preservação Permanente, conforme estabelecido na legislação ambiental vigente;

2.4 A composteira, específica para as carcaças de animais mortos e outros resíduos orgânicos, deve ser mantida em condições aeróbias, com boa impermeabilização, além de outros cuidados, a fim de evitar a contaminação do lençol subterrâneo d'água;

2.5 A composteira para destinação dos animais mortos, deverá permanecer fechada;

2.6 A esterqueira de estabilização dos resíduos deverá ser cercada, com altura mínima de um metro, de modo a evitar acidentes e evitar o assoreamento de seu entorno pela entrada de água pluvial.

3. Quanto ao Manejo e Armazenamento dos Dejetos e Destinação dos Resíduos Produzidos na Propriedade:

3.1 Não poderão ser lançados resíduos em qualquer corpo hídrico, mesmo que intermitente;

3.2 O sistema de destinação de dejetos deverá obedecer às condições estabelecidas no projeto apresentado pelo Engenheiro Agrícola Andre Rosenbach, CREA RS 112050, ART 6798935, sendo que os resíduos gerados pela atividade somente poderão ser destinados para uso agrícola após decorridos 120 dias de estabilização;

3.3 As carcaças de animais mortos e resíduos de mesma origem deverão ser destinadas à compostagem, onde deverão ser misturados em camadas sucessivas de cama velha, maravalha nova, animais mortos, cama velha e maravalha nova;

3.4 O sistema de tratamento dos dejetos e/ou resíduos a serem gerados pela atividade deverá ter a capacidade compatível com a produção durante o período de no mínimo 120 dias, bem como deverão operar com uma folga técnica volumétrica de 20%, sendo que após este tempo devem ser manejados como adubação em solos agrícolas;

3.5 Não queimar ou enterrar o lixo produzido na propriedade;

3.6 Deverá ser preenchida e encaminhada anualmente, sempre no mês de dezembro, Planilha de Resíduos, para a totalidade dos resíduos gerados na atividade. A planilha encontra-se à disposição do empreendedor no Departamento de Meio Ambiente.

4. Quanto às Características da Área de Aplicação:

4.1 Deverão ser utilizados os solos com boa drenagem interna, não sujeitos a inundações periódicas;

4.2 O lençol freático deverá estar a pelo menos 1,5 metros da superfície do solo, na situação crítica de maior precipitação pluviométrica;

4.3 Deverão ser adotadas práticas adequadas de controle de erosão, de acordo com a orientação técnica;

4.4 As áreas agrícolas receptoras dos dejetos compostados devem situar-se fora de Área de Preservação Permanente de corpos hídricos naturais, nascentes, banhados e olhos d'água mesmo que intermitentes e 50 metros das habitações vizinhas e das margens das estradas;

4.5 A aplicação dos resíduos deverá observar os aspectos indicados no projeto apresentado pelo Engenheiro Agrícola Andre Rosenbach, CREA RS 112050, ART 6798935.

5. Quanto às Condições da Propriedade

5.1 O manejo da vegetação existente na propriedade, somente poderá ser realizado mediante prévia autorização do órgão ambiental responsável;

5.2 É expressamente proibida a caça de espécimes da fauna silvestre, de acordo com o Decreto

Federal N° 6.514/08 e Lei N° 11.520/00 - Código Estadual do Meio Ambiente, com exceção das espécies permitidas, nos locais regulamentados e nas épocas autorizadas;

5.3 A utilização de agrotóxicos e/ou medicamentos na propriedade somente poderá ser realizado mediante o cumprimento do que prescreve o Receituário Agrônômico e/ou o Receituário Veterinário;

5.4 As embalagens de agrotóxicos e/ou produtos veterinários deverão ser mantidas em local fresco e coberto;

6. Outros

6.1 O Empreendedor e o Responsável Técnico são responsáveis por disponibilizar e manter condições operacionais adequadas, respondendo por quaisquer danos ao Meio Ambiente, decorrentes da má operação do empreendimento;

6.2 A aprovação de todos os projetos técnicos referentes a esta atividade agro-pastoril não exime a Responsabilidade Técnica dos Projetistas;

6.3 Deverão ser sempre mantidas limpas, drenadas e roçadas as áreas do entorno das pocilgas, esterqueiras e da composteira;

Com Vistas à Renovação da LICENÇA DE OPERAÇÃO, o empreendedor deverá apresentar:

1. Requerimento solicitando a renovação da Licença de Operação;
2. Formulário de Licenciamento Ambiental adequado, devidamente preenchido;
3. Cópia da Licença de Operação emitida pelo DMA;
4. Total observância aos itens da Licença de Operação emitida pelo DMA;
5. Declaração assinada pelo empreendedor e responsável técnico, destacando a ocorrência ou não de alterações junto ao sistema criatório ora licenciado;
6. Deverá ser apresentada declaração de anuência dos lindeiros afetados pelo empreendimento, caso a distância entre os mesmos seja inferior a 50 metros;
7. Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) pelas informações técnicas, tratamento e destinação dos resíduos gerados, bem como pelo manejo e disposição dos resíduos no solo;
8. Relatório fotográfico atualizado;
9. Croqui de situação e localização

Esta licença só é válida para as condições e restrições contidas acima e até 03/02/2018. Este documento perderá a validade, caso os dados fornecidos pelo requerente não correspondam à realidade.

A presente licença não dispensa, nem substitui quaisquer Alvarás ou Certidões de qualquer natureza exigidos pela legislação Federal, Estadual ou Municipal.

Arroio do Meio, 03 de Fevereiro de 2014.

Paulo Henrique Rubim Barbosa

Coordenador de Departamento



Processo nº
4177-05.67 / 09.

LICENÇA DE OPERAÇÃO

LO Nº 5713 / 2009-DL

A Fundação Estadual de Proteção Ambiental, criada pela Lei Estadual nº 9.077 de 04/06/90 e com seus Estatutos aprovados pelo Decreto nº 33.765, de 28/12/90, registrado no Ofício do Registro Oficial em 01/02/91, no uso das atribuições que lhe confere a Lei nº 6.938, de 31/08/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 06/06/90 e com base nos autos do processo administrativo nº 4177-05.67 / 09.3 concede a presente LICENÇA DE OPERAÇÃO nas condições e restrições abaixo especificadas.

I - Identificação:

EMPREENDEDOR:	167783 – MARCIA INES GABRIEL
CPF/CNPJ:	959.190.740-00
ENDEREÇO:	Linha Forqueta Baixa Zona Rural 95940-000 - Arroio do Meio - RS
EMPREENDIMENTO:	171536
Localização:	Linha Forqueta Zona Rural 95940-000 – Arroio do Meio - RS

A PROMOVER A ATIVIDADE DE:

CRIAÇÃO DE SUINOS - CRECHE com sistema de manejo de dejetos sobre "camas", com 2.800 animais, em área construída de 840,00,00 m², em propriedade com 3,3 há..

RAMO DE ATIVIDADE:	114,35
ÁREA ÚTIL EM m²:	840,00
ÁREA DO TERRENO EM m²:	33.000,00
ÁREA CONSTRUIDA EM m²:	840,00
Nº DE EMPREGADOS:	01

II - Condições e restrições:

1-quanto à localização e características das construções:

- 1.1-deverão manter dispositivos de segurança para a proteção contra os vazamentos acidentais para evitar a contaminação das águas e do solo;
- 1.2-deverão ser localizadas em área com lençol freático com profundidade mínima de 1,5 m abaixo do nível da base das esterqueiras;
- 1.3-deverão estar localizadas a no mínimo 200 metros das habitações vizinhas e 50 metros dos terrenos vizinhos;
- 1.4-deverão estar localizadas a no mínimo 150 metros de mananciais hídricos;

2-Quanto ao manejo dos resíduos:

- 2.1- ficam proibidos os lançamentos de resíduos e/ ou dejetos "in natura", sem o prévio tratamento, nos recursos hídricos, mesmo que intermitentes;
- 2.2-os dejetos e/ou os resíduos a serem gerados pela atividade deverão ser destinados para uso agrícola, preferencialmente na própria propriedade, após 120 dias de fermentação ou compostagem;

LO Nº 5713 / 2009-DL

Id Doc 363668

Folha 1/1



Processo nº
4177-05.67 / 09.3

- 2.3-operar sempre as esterqueiras com uma folga técnica volumétrica de 20 %;
- 2.4-homogenizar sempre o conteúdo das esterqueiras verificando a incorporação final da nata para evitar o assoreamento pela borra depositada no fundo, quando for transportar o material para as áreas agrícolas;
- 2.5-não queimar ou enterrar o lixo gerado pela atividade criatória devendo este ser destinado ao aterro sanitário e/ou depósito de resíduos sólidos e/ou usina de reciclagem da Prefeitura Municipal, devendo o lixo orgânico ser compostado e empregado na propriedade;
- 2.6-as carcaças de animais mortos e resíduos de mesma origem deverão ser compostados em condições de máxima impermeabilização, a fim de evitar a contaminação do lençol freático;
- 2.7-as lagoas de tratamento de resíduos deverão ser cercadas, com uma altura mínima de um metro, de modo a evitar acidentes.
- 2.8.-possuir capacidade volumétrica de, no mínimo, 685,0 m³ no somatório das esterqueiras;
- 2.9.-o uso de esterqueiras fora da propriedade só será permitido com a apresentação de autorização e de licença de operação emitida pela FEPAM.

3-Quanto às características da área de aplicação:

- 3.1-deverão ser utilizados os solos com uma boa drenagem interna e não sujeitos a inundações periódicas;
- 3.2-o lençol freático deverá estar a pelo menos 1,5 metro da superfície do solo, na situação crítica de maior precipitação pluviométrica;
- 3.3-não poderão ser lançados resíduos em qualquer corpo hídrico, mesmo que intermitente;
- 3.4-deverão ser adotadas práticas adequadas de controle da erosão, de acordo com a orientação técnica;
- 3.5-as áreas agrícolas receptoras do efluente das lagoas depositárias dos dejetos devem situar-se a uma distância mínima de 50 metros dos corpos hídricos naturais, mesmo que intermitentes, das habitações vizinhas e das margens das estradas;
- 3.6-os resíduos não estabilizados ("in natura"), em caso de extrema necessidade (emergencialmente), após sua distribuição, deverão ser imediatamente incorporados ao solo, sendo preferencial, entretanto, a aplicação de resíduos estáveis (curtidos).

4-Quanto às condições da propriedade:

- 4.1-conservar as formações vegetais, em torno dos cursos d'água, numa distância de no mínimo 50 metros das nascentes, nas áreas com declividade igual ou superior a 45°, topos de morro ou que apresentem outras restrições relacionadas aos Códigos Florestais, Federal e Estadual;
- 4.2-deverão ser respeitadas as nascentes, olhos d'água, banhados, beira de rios, arroios ou sangas, considerados Áreas de Preservação Permanente – APPs, de acordo com a Resolução CONAMA Nº 303/02. Quanto aos reservatórios artificiais deverá ser obedecida a legislação pertinente à Resolução CONAMA Nº 302/02;
- 4.3-deverá ser observada a legislação referente ao manejo de mata nativa, e em caso de supressão de parte da mesma, deverá ser atendido o Decreto Estadual Nº 38.355, de 01/04/98, com referência à apresentação da "Licença Prévia de Exame e Avaliação da Área Florestal", emitida pelo Departamento de Florestas e Áreas Protegidas – DEFAP/SEMA;
- 4.4-deverão ser adotadas as medidas técnicas para manter o controle das moscas e de outros vetores, no entorno e no interior das instalações;
- 4.5-é proibida a caça de animais da fauna silvestre, de acordo com a Lei de Crimes Ambientais nº 9.605/98 e a Lei nº 11.520/00 – Código Estadual do Meio Ambiente, com exceção das espécies permitidas, nos locais regulamentados e nas épocas autorizadas;
- 4.6-a utilização de agrotóxicos e/ou medicamentos na propriedade deverá ser realizada conforme prescreve o Receituário Agrônomo e/ou o Receituário Veterinário;
- 4.7-deverá ser estabelecido um depósito de embalagens de agrotóxicos e/ou produtos veterinários em lugar fresco e em local coberto;
- 4.8-não deverá ocorrer a queima de resíduos, embalagens de agrotóxicos e/ou produtos veterinários, conforme estabelece a Lei Estadual nº 9.921/93, art. 11. As embalagens de agrotóxicos deverão ser destinadas aos geradores do produto conforme artigo 06 parágrafo 5, da Lei 7802/89, alterada pela Lei 9974/2000;
- 4.9-armazenar os medicamentos veterinários sempre em local fresco, limpo, seco e ao abrigo da luz e separados de agrotóxicos e de outros produtos não medicamentosos, principalmente aqueles com o conteúdo sob pressão;



Processo nº
4177-05.67 / 09.3

4.10-o responsável técnico pelas informações técnicas e sistema de manejo de resíduos e orientações de disposição dos resíduos em solo é o . Eng. Agrícola André Rosenbach, CREA 112050 sob ART nº 4764422;

5-Outros condicionantes e restrições:

5.1-manter sempre limpa e roçada a área do entorno das esterqueiras e dos galpões de criação;

III – Documentos a apresentar para renovação da LICENÇA DE OPERAÇÃO:

1-comprovante de pagamento dos custos dos Serviços de Licenciamento Ambiental, conforme Tabela de Custas disponível na home-page da FEPAM: WWW.fepam.rs.gov.br;

2-requerimento solicitando a Licença de Instalação;

3-cópia desta licença;

4-formulário - Informações para Licenciamento de Suinocultura em Terminação, sistema de dejetos líquido, devidamente preenchido e atualizado em todos os seus itens (o formulário encontra-se disponível na home-page da FEPAM: www.fepam.rs.gov.br, em *Licenciamento Ambiental/ Formulários/ Licença/Agrosilvopastoral*);

Havendo alteração nos atos constitutivos, cópia da mesma deverá ser apresentada, imediatamente, à FEPAM, sob pena do empreendedor acima identificado continuar com a responsabilidade sobre a atividade/empreendimento licenciado por este documento.

Este documento licenciatório perderá sua validade caso os dados fornecidos pelo empreendedor não correspondam à realidade ou algum prazo estabelecido nas condições acima seja descumprido.

Esta Licença não dispensa nem substitui quaisquer alvarás ou certidões de qualquer natureza exigidos pela legislação Federal, Estadual ou Municipal, nem exclui as demais licenças ambientais.

Esta licença deverá estar disponível no local da atividade licenciada para efeito de fiscalização.

Data de emissão: Porto Alegre, 18 de Agosto de 2009.

Este documento licenciatório é válido para as condições acima no período de 18/08/2009 à 17/08/2013.

Este documento licenciatório foi certificado por assinatura digital, processo eletrônico baseado em sistema criptográfico assimétrico, assinado eletronicamente por chave privada, garantida integridade de seu conteúdo e está à disposição no site www.fepam.rs.gov.br.

fepam®.



Processo n.º
3354-05.67 / 10-4

LICENÇA DE OPERAÇÃO

LO N.º 2203 / 2010-DL

A Fundação Estadual de Proteção Ambiental, criada pela Lei Estadual n.º 9.077, de 04/06/90, e com seus Estatutos aprovados pelo Decreto n.º 33.765, de 28/12/90, registrado no Ofício do Registro Oficial em 01/02/91, no uso das atribuições que lhe confere a Lei n.º 6.938, de 31/08/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada pelo Decreto n.º 99.274, de 06/06/90 e com base nos autos do processo administrativo n.º 3354-05.67/10-4 concede a presente LICENÇA DE OPERAÇÃO nas condições e restrições abaixo especificadas.

I - Identificação:

EMPREENDEDOR: 121862 – ERLON RUPHENTAL
CPF / CNPJ: 711.380.050-53
ENDEREÇO: LOCALIDADE DE FORQUETA
 95940-000 ARROIO DO MEIO - RS

EMPREENDIMENTO: 124728
LOCALIZAÇÃO: LOCALIDADE DE FORQUETA
 ARROIO DO MEIO - RS

A PROMOVER A OPERAÇÃO RELATIVA À ATIVIDADE DE: SUINOCULTURA EM TERMINAÇÃO

RAMO DE ATIVIDADE:	114,24
ÁREA DO TERRENO EM m²:	132.000,00
ÁREA CONSTRUÍDA EM M²:	1071,00
NÚMERO DE ANIMAIS:	900

II - Condições e Restrições:

1-Esta licença revoga a LO n.º 58/2007-DL.

2-Quanto à localização e características das construções:

- 2.1-Deverão manter dispositivos de segurança para a proteção contra os vazamentos acidentais para evitar a contaminação das águas e do solo.
- 2.2-Deverão ser localizadas em área com lençol freático com profundidade mínima de 1,5 metros abaixo do nível da base das esterqueiras.
- 2.3-Deverão estar localizadas no mínimo 200 metros das habitações vizinhas e 50 metros dos terrenos vizinhos.
- 2.4-Deverão estar localizadas no mínimo 150 metros de mananciais hídricos.

3-Quanto ao manejo dos resíduos:

- 3.1-Ficam proibidos os lançamentos de resíduos e/ ou dejetos "in natura", sem o prévio tratamento, nos recursos hídricos, mesmo que intermitentes.
- 3.2-Os dejetos e/ou os resíduos a serem gerados pela atividade deverão ser destinados para uso agrícola, preferencialmente na própria propriedade, após 120 dias de fermentação ou compostagem.
- 3.3-Operar sempre as esterqueiras com uma folga técnica volumétrica de 20 %.
- 3.4-Homogeneizar sempre o conteúdo das esterqueiras verificando a incorporação final da nata para evitar o assoreamento pela borra depositada no fundo, quando for transportar o material para as áreas agrícolas.
- 3.5-Não queimar ou enterrar o lixo gerado pela atividade criatória devendo este ser destinado ao aterro sanitário e/ou depósito de resíduos sólidos e/ou usina de reciclagem da Prefeitura Municipal, devendo o lixo orgânico ser compostado e empregado na propriedade.
- 3.6-As carcaças de animais mortos e resíduos de mesma origem deverão ser compostados em condições de máxima impermeabilização, a fim de evitar a contaminação do lençol freático.
- 3.7-As lagoas de tratamento de resíduos deverão ser cercadas, com uma altura mínima de um metro, de modo a evitar acidentes.
- 3.8-O uso de esterqueiras fora da propriedade só será permitido com a apresentação de autorização e de licença de operação emitida pela Fepam.



4-Quanto às características da área de aplicação:

- 4.1-Deverão ser utilizados os solos com uma boa drenagem interna e não sujeitos a inundações periódicas.
- 4.2-O lençol freático deverá estar a pelo menos 1,5 metro da superfície do solo, na situação crítica de maior precipitação pluviométrica.
- 4.3-Não poderão ser lançados resíduos em qualquer corpo hídrico, mesmo que intermitente.
- 4.4-Deverão ser adotadas práticas adequadas de controle da erosão, de acordo com a orientação técnica.
- 4.5-As áreas agrícolas receptoras do efluente das lagoas depositárias dos dejetos devem situar-se a uma distância mínima de 50 metros dos corpos hídricos naturais, mesmo que intermitentes, das habitações vizinhas e das margens das estradas.
- 4.6-Os resíduos não estabilizados ("in natura"), em caso de extrema necessidade (emergencialmente), após sua distribuição, deverão ser imediatamente incorporados ao solo, sendo preferencial, entretanto, a aplicação de resíduos estáveis (curtidos).

5-Quanto às condições da propriedade:

- 5.1-Conservar as formações vegetais, em torno dos cursos d'água, numa distância de no mínimo 50 metros das nascentes, nas áreas com declividade igual ou superior a 45°, topos de morro ou que apresentem outras restrições relacionadas aos Códigos Florestais, Federal e Estadual.
- 5.2-Deverão ser respeitadas as nascentes, olhos d'água, banhados, beira de rios, arroios ou sangas, considerados Áreas de Preservação Permanente – APPs, de acordo com a Resolução CONAMA N.º 303/02. Quanto aos reservatórios artificiais deverá ser obedecida a legislação pertinente à Resolução CONAMA N.º 302/02.
- 5.3-Deverá ser observada a legislação referente ao manejo de mata nativa, e em caso de supressão de parte da mesma, deverá ser atendido o Decreto Estadual N.º 38.355, de 01/04/98, com referência à apresentação da "Licença Prévia de Exame e Avaliação da Área Florestal", emitida pelo Departamento de Florestas e Áreas Protegidas – DEFAP/SEMA.
- 5.4-Deverão ser adotadas as medidas técnicas para manter o controle das moscas e de outros vetores, no entorno e no interior das instalações.
- 5.5-É proibida a caça de animais da fauna silvestre, de acordo com a Lei de Crimes Ambientais, Lei Federal n.º 9.605/98 e a Lei n.º 11.520/00 – Código Estadual do Meio Ambiente, com exceção das espécies permitidas, nos locais regulamentados e nas épocas autorizadas.
- 5.6-A utilização de agrotóxicos e/ou medicamentos na propriedade deverá ser realizada conforme prescreve o Receituário Agrônomo e/ou o Receituário Veterinário.
- 5.7-Deverá ser estabelecido um depósito de embalagens de agrotóxicos e/ou produtos veterinários em lugar fresco e em local coberto.
- 5.8-Não deverá ocorrer a queima de resíduos, embalagens de agrotóxicos e/ou produtos veterinários, conforme estabelece a Lei Estadual n.º 9.921/93, art. 11. As embalagens de agrotóxicos deverão ser destinadas aos geradores do produto conforme artigo 06 parágrafo 5, da Lei Federal n.º 7802/89, alterada pela Lei Federal n.º 9974/2000;
- 5.9-Armazenar os medicamentos veterinários sempre em local fresco, limpo, seco e ao abrigo da luz e separados de agrotóxicos e de outros produtos não medicamentosos, principalmente aqueles com o conteúdo sob pressão.
- 5.10-O responsável técnico pelas informações técnicas e sistema de manejo de resíduos e orientações de disposição dos resíduos em solo é o Eng. Agrícola André Rosenbach, Reg. CREA n.º 112050, sob ART n.º 4822675.

6-Outros condicionantes e restrições:

- 6.1-Manter sempre limpa e roçada a área do entorno da compostagem e dos galpões de criação.

III – Documentos a apresentar para solicitação da renovação da Licença de Operação:

- 1-Comprovante de pagamento dos custos dos Serviços de Licenciamento Ambiental, conforme Tabela de Custos disponível na página da FEPAM: www.fepam.rs.gov.br.
- 2-Requerimento solicitando a renovação da Licença de Operação.
- 3-Cópia desta licença.
- 4-Formulário - Informações para Licenciamento de Suinocultura em Terminação devidamente preenchido e atualizado em todos os seus itens (o formulário encontra-se disponível na home-page da FEPAM: www.fepam.rs.gov.br, em *Licenciamento Ambiental/ Formulários/Licença/Agrósilvopastoral*).



Processo n.º
3354-05.67 / 10-4

5-Anotação de Responsabilidade Técnica pelas informações técnicas, projetos do sistema de coleta, transporte, tratamento e disposição dos resíduos gerados.

Havendo alteração nos atos constitutivos, cópia da mesma deverá ser apresentada, imediatamente, à FEPAM, sob pena do empreendedor acima identificado continuar com a responsabilidade sobre a atividade/empreendimento licenciado por este documento.

Este documento licenciatório perderá sua validade caso os dados fornecidos pelo empreendedor não correspondam à realidade ou algum prazo estabelecido nas condições acima seja descumprido.

Deverá ser solicitada renovação desta licença até 120 dias antes de seu vencimento, conforme Art. 18 § 4.º da Resolução CONAMA n.º 237/97.

Esta Licença não dispensa nem substitui quaisquer alvarás ou certidões de qualquer natureza exigidos pela legislação Federal, Estadual ou Municipal, nem exclui as demais licenças ambientais.

Esta licença deverá estar disponível no local da atividade licenciada para efeito de fiscalização.

Data de emissão: Porto Alegre, 04 de Maio de 2010.

Este documento licenciatório é válido para as condições acima no período de 04/05/2010 à 03/05/2014.

Este documento licenciatório foi certificado por assinatura digital, processo eletrônico baseado em sistema criptográfico assimétrico, assinado eletronicamente por chave privada, garantida integridade de seu conteúdo e está à disposição no site www.fepam.rs.gov.br.

fepam@.

DEPARTAMENTO DO MEIO AMBIENTE - DMA
LICENÇA DE OPERAÇÃO N° 39/DMA/2011

O Município de Arroio do Meio, através do Departamento do Meio Ambiente - DMA, baseado na Constituição Federal do Brasil, na Constituição do Estado do Rio Grande do Sul, na Lei Federal n° 6.938/81, na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA de n° 237/97, na Lei Municipal n° 1.797/2000, conforme Processo Administrativo n° 51.662/2011 e Parecer Técnico n° 128/11, expede a presente Licença de Operação que autoriza a:

EMPREENDEDOR: Flavio Graf

CPF: 359.228.850-49

ATIVIDADE: Criação de Suínos - Creche, com Sistema de Manejo dos Dejetos

CODRAM: 114,25

ENDEREÇO: Linha Forqueta Baixa

MUNICÍPIO: Arroio do Meio - RS

CEP: 95.940-000

a promover a atividade de: Criação de Suínos - Creche, com Sistema de Manejo dos Dejetos Líquidos, com capacidade máxima para 2.200 animais por lote.

localizada: Linha Forqueta Baixa - Arroio do Meio, RS

com as seguintes CONDIÇÕES E RESTRICÇÕES:

1. O Responsável Técnico pelas informações é o Engenheiro Agrônomo Valmor Raffaelli, CREA/RS 100476-D, ART N° 4473147.

2. QUANTO À LOCALIZAÇÃO DAS CONSTRUÇÕES, CONFORME PROJETO TÉCNICO APRESENTADO:

2.1 As pocilgas, a composteira para animais mortos e as lagoas de estabilização dos dejetos deverão estar construídas a no mínimo 50 metros das frentes de estrada e habitações de terrenos vizinhos, conforme Artigo 320 (letra a), do Decreto Estadual N° 23.430, de 24 de outubro de 1974.

2.2 A distância existente entre as futuras instalações e as residências vizinhas deverá ser superior a 100 metros, caso contrário deverá ser apresentada declaração de anuência dos lindeiros afetados pelo empreendimento.

2.3 As pocilgas, a composteira para animais mortos e as lagoas de estabilização dos dejetos deverão estar localizadas fora de Área de Preservação Permanente, conforme estabelecido na legislação ambiental vigente.

2.4 As pocilgas, a composteira para animais mortos e as lagoas de estabilização dos dejetos, deverão ser construídas em área onde o lençol freático esteja a pelo menos 1,5 metros da superfície do solo, na situação crítica de maior precipitação pluviométrica.

3. QUANTO AO MANEJO E ARMAZENAMENTO DOS DEJETOS:

3.1 O sistema de armazenamento dos dejetos líquidos deverá ter capacidade mínima de 398,40 m³, conforme projeto técnico apresentado pelo Engenheiro Agrônomo Valmor Raffaelli, CREA/RS 100476-D, ART N° 4473147, para operar com uma reserva técnica durante um período mínimo de 120 dias, sendo que somente após decorrido este tempo podem ser manejados como adubação em solos agrícolas.

3.2 As esterqueiras deverão estar encercadas com tela de altura mínima de 1 metro num prazo máximo de 45 dias.

4. QUANTO ÀS CONDIÇÕES DA PROPRIEDADE:

4.1 O manejo da vegetação existente na propriedade, somente poderá ser realizado mediante prévia autorização do órgão ambiental responsável, bem como, deverão ser respeitadas todas as restrições referente ao manejo da vegetação existente nas Áreas de Preservação Permanente, conforme estabelecido na Legislação Ambiental vigente.

4.2 É expressamente proibida a caça de animais da fauna silvestre.

4.3 Não queimar ou enterrar o lixo gerado pela atividade creditória devendo este ser destinado a aterro sanitário e/ou usina de reciclagem.

5. QUANTO ÀS CARACTERÍSTICAS DAS ÁREAS RECEPTORAS DOS RESÍDUOS COMPOSTADOS E MANEJO DOS DEJETOS GERADOS:

5.1 Deverão ser utilizados solos com uma boa drenagem interna, não sujeitos a inundações periódicas. O volume máximo a ser utilizado deverá ser de 45 m³/hectare/ano.

5.2 As áreas agrícolas receptoras dos dejetos compostados devem situar-se fora de Área de Preservação Permanente, conforme exigido na Legislação Ambiental vigente.

5.3 Os dejetos e/ou os resíduos a serem gerados pela atividade deverão ser armazenados por um período mínimo de 120 dias, para haver a fermentação anaeróbia da matéria orgânica, com o objetivo de minimizar os impactos ao meio ambiente após a incorporação em solo agrícola (fonte de patógenos, nitratos e geração de DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio).

5.4 Não queimar ou enterrar o lixo gerado pela atividade criatória, devendo este ser destinado ao tratamento nas lagoas ou na composteira orgânica.

6. OUTROS:

6.1 Deverá ser implantado uma cortina vegetal, com apresentação de relatório técnico e fotográfico, num prazo máximo de 90 dias, com espécies nativas junto às norte, oeste e leste das pocilgas com a propriedade vizinha.

6.2 Deverá ser apresentado num prazo máximo de 45 dias, relatório fotográfico comprovando o cercamento das esterqueiras.

COM VISTAS À RENOVAÇÃO DA LICENÇA DE OPERAÇÃO, O EMPREENDEDOR DEVERÁ APRESENTAR:

1- Requerimento solicitando a Renovação da Licença de Operação.

2- Declaração assinada pelo empreendedor e responsável técnico, destacando a ocorrência ou não de alterações junto ao sistema criatório ora licenciado.

- 3-Cópia desta Licença.
- 4-Total observância aos itens da Licença de Operação emitida pelo DMA.
- 5-Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) pelas informações técnicas, tratamento e destinação dos resíduos gerados, bem como pelo manejo e disposição dos dejetos em solo.
- 6-Relatório fotográfico atualizado.
- 7-Declaração de anuência dos vizinhos residentes a uma distância inferior a 50 metros da pocilga.

Esta licença só é válida para as condições e restrições contidas acima e até 28/07/2015. Este documento perderá a validade, caso os dados fornecidos pelo requerente não correspondam à realidade.

A presente licença não dispensa, nem substitui quaisquer Alvarás ou Certidões de qualquer natureza exigidos pela legislação Federal, Estadual ou Municipal.

Arroio do Meio, 28 de julho de 2011.

Sidnei Eckert
Prefeito Municipal

APÊNDICES 2. Cópias dos laudos das análises das amostras de rações**LAUDO DE ANÁLISES****NOME:** Prof. Egon Meurer/Rosele**MUN.:** Porto Alegre**Data de entrada:** 04/10/12**EST.:** RS**Data de expedição:** 05/11/12**Nº DE REG.:** R-378/2012**MATERIAL:** Ração de Suínos

Determinações	Amostra A	Metodologia aplicada / Limite de detecção
Nitrogênio (TKN) - % (m/m)	3,2	Kjeldahl / 0,01 %
Fósforo total - % (m/m)	0,64	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,01 %
Cobre total - mg/kg	190	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,6 mg/kg
Zinco total - % (m/m)	0,39	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 2 mg/kg
Manganês total - mg/kg	70	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 4 mg/kg
Sódio total - % (m/m)	0,30	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 10 mg/kg
Cádmio total - mg/kg	< 0,2	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,2 mg/kg

Obs. 1: Resultados expressos na amostra seca a 65°C.

Obs. 2: Média de 2 determinações.

Eng. Agr. Clesio Gianello, Ph.D.

CREA 8a. Reg. 25.642

Responsável pelo Laboratório de Análises Laboratório de Análises

LAUDO DE ANÁLISES

NOME: Prof. Egon Meurer/Rosele

MUN.: Porto Alegre

Data de entrada: 04/10/12

EST.: RS

Data de expedição: 05/11/12

Nº DE REG.: R-378/2012

MATERIAL: Ração de Suínos

Determinações	Amostra B	Metodologia aplicada / Limite de detecção
Nitrogênio (TKN) - % (m/m)	3,3	Kjeldahl / 0,01 %
Fósforo total - % (m/m)	0,47	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,01 %
Cobre total - mg/kg	159	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,6 mg/kg
Zinco total - mg/kg	138	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 2 mg/kg
Manganês total - mg/kg	59	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 4 mg/kg
Sódio total - % (m/m)	0,16	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 10 mg/kg
Cádmio total - mg/kg	< 0,2	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,2 mg/kg

Obs.₁: Resultados expressos na amostra seca a 65°C.

Obs.₂: Média de 2 determinações.

Eng. Agr. Clesio Gianello, Ph.D.

CREA 8a. Reg. 25.642

Responsável pelo Laboratório de Análises

LAUDO DE ANÁLISES

NOME: Prof. Egon Meurer/Rosele

MUN.: Porto Alegre

Data de entrada: 04/10/12

EST.: RS

Data de expedição: 05/11/12

Nº DE REG.: R-378/2012

MATERIAL: Ração de Suínos

Determinações	Amostra C	Metodologia aplicada / Limite de detecção
Nitrogênio (TKN) - % (m/m)	3,3	Kjeldahl / 0,01 %
Fósforo total - % (m/m)	0,54	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,01 %
Cobre total - mg/kg	142	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,6 mg/kg
Zinco total - mg/kg	314	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 2 mg/kg
Manganês total - mg/kg	61	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 4 mg/kg
Sódio total - % (m/m)	0,20	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 10 mg/kg
Cádmio total - mg/kg	< 0,2	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,2 mg/kg

Obs.₁: Resultados expressos na amostra seca a 65°C.

Obs.₂: Média de 2 determinações.

Eng. Agr. Clesio Gianello, Ph.D.

CREA 8a. Reg. 25.642

Responsável pelo Laboratório de Análises Laboratório de Análises

LAUDO DE ANÁLISES

NOME: Prof. Egon Meurer/Rosele

MUN.: Porto Alegre

Data de entrada: 04/10/12

EST.: RS

Data de expedição: 05/11/12

Nº DE REG.: R-378/2012

MATERIAL: Ração de Suínos

Determinações	Amostra D	Metodologia aplicada / Limite de detecção
Nitrogênio (TKN) - % (m/m)	3,4	Kjeldahl / 0,01 %
Fósforo total - % (m/m)	0,53	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,01 %
Cobre total - mg/kg	199	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,6 mg/kg
Zinco total - mg/kg	128	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 2 mg/kg
Manganês total - mg/kg	55	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 4 mg/kg
Sódio total - % (m/m)	0,28	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 10 mg/kg
Cádmio total - mg/kg	< 0,2	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,2 mg/kg

Obs.₁: Resultados expressos na amostra seca a 65°C.

Obs.₂: Média de 2 determinações.

Eng. Agr. Clesio Gianello, Ph.D.

CREA 8a. Reg. 25.642

Responsável pelo Laboratório de Análises

LAUDO DE ANÁLISES

NOME: Prof. Egon Meurer/Rosele

MUN.: Porto Alegre

Data de entrada: 04/10/12

EST.: RS

Data de expedição: 05/11/12

Nº DE REG.: R-378/2012

MATERIAL: Ração de Suínos

Determinações	Amostra E	Metodologia aplicada / Limite de detecção
Nitrogênio (TKN) - % (m/m)	3,2	Kjeldahl / 0,01 %
Fósforo total - % (m/m)	0,46	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,01 %
Cobre total - mg/kg	23	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,6 mg/kg
Zinco total - mg/kg	135	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 2 mg/kg
Manganês total - mg/kg	75	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 4 mg/kg
Sódio total - % (m/m)	0,25	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 10 mg/kg
Cádmio total - mg/kg	< 0,2	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES / 0,2 mg/kg

Obs.₁: Resultados expressos na amostra seca a 65°C.

Obs.₂: Média de 2 determinações.

Eng. Agr. Clesio Gianello, Ph.D.

CREA 8a. Reg. 25.642

Responsável pelo Laboratório de Análises

APÊNDICES 3. Cópias dos laudos das análises das amostras de dejetos líquidos de suínos

LAUDO DE ANÁLISES

NOME: Prof. Egon Meurer/Rosele

MUN.: Porto Alegre

Data de entrada: 09/08/12

EST.: RS

Data de expedição: 03/10/12

Nº DE REG.: R-305/2012

MATERIAL: Dejetos de Suínos

Determinações	Amostra A	Metodologia aplicada / Limite de detecção
Umidade - % (m/m)	97,56	gravimetria / -
pH	8,0	potenciometria
Densidade - kg/m ³	983	-
Carbono orgânico - g/L	9,8	combustão úmida/Walkey Black / 0,01mg/L
Nitrogênio (TKN) - g/L	5,0	TKN/ 0,1 mg/L
Fósforo total - g/L	248	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,01 mg/L
Potássio total - mg/L	3,4	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,07 mg/L
Cálcio total - mg/L	373	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,04 mg/L
Magnésio total - mg/L	174	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,02 mg/L
Enxofre total - mg/L	345	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 1,0 mg/L
Cobre total - mg/L	18	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,004 mg/L
Zinco total - mg/L	17	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,02 mg/L
Ferro total - mg/L	29	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,04 mg/L
Manganês total - mg/L	6,7	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,01 mg/L
Sódio total - mg/L	886	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,1 mg/L
Cádmio total - mg/L	< 0,002	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,002 mg/L
Boro total - mg/L	3,9	digestão seca/ ICP-OES/ 0,1 mg/L

Obs.₁: Resultados expressos na amostra "in natura".

Obs.₂: Média de 2 determinações.

Eng. Agr. Clesio Gianello, Ph.D.
CREA 8a. Reg. 25.642
Responsável pelo Laboratório de Análises

LAUDO DE ANÁLISES

NOME: Prof. Egon Meurer/Rosele

MUN.: Porto Alegre

Data de entrada: 09/08/12

EST.: RS

Data de expedição: 03/10/12

Nº DE REG.: R-305/2012

MATERIAL: Dejetos de Suínos

Determinações	Amostra B	Metodologia aplicada / Limite de detecção
Umidade - % (m/m)	98,54	gravimetria / -
pH	6,7	potenciometria
Densidade - kg/m ³	974	-
Carbono orgânico - g/L	5,0	combustão úmida/Walkey Black / 0,01mg/L
Nitrogênio (TKN) - g/L	1,9	TKN/ 0,1 mg/L
Fósforo total - mg/L	196	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,01 mg/L
Potássio total - g/L	1,7	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,07 mg/L
Cálcio total - mg/L	202	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,04 mg/L
Magnésio total - mg/L	137	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,02 mg/L
Enxofre total - mg/L	104	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 1,0 mg/L
Cobre total - mg/L	11	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,004 mg/L
Zinco total - mg/L	92	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,02 mg/L
Ferro total - mg/L	23	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,04 mg/L
Manganês total - mg/L	3,2	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,01 mg/L
Sódio total - mg/L	499	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,1 mg/L
Cádmio total - mg/L	< 0,002	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,002 mg/L
Boro total - mg/L	1,9	digestão seca/ ICP-OES/ 0,1 mg/L

Obs.₁: Resultados expressos na amostra "in natura".

Obs.₂: Média de 2 determinações.

Eng. Agr. Clesio Gianello, Ph.D.
CREA 8a. Reg. 25.642
Responsável pelo Laboratório de Análises

LAUDO DE ANÁLISES

NOME: Prof. Egon Meurer/Rosele

MUN.: Porto Alegre

Data de entrada: 09/08/12

EST.: RS

Data de expedição: 03/10/12

Nº DE REG.: R-305/2012

MATERIAL: Dejetos de Suínos

Determinações	Amostra C	Metodologia aplicada / Limite de detecção
Umidade - % (m/m)	99,47	gravimetria / -
pH	6,6	potenciometria
Densidade - kg/m ³	981	-
Carbono orgânico - g/L	1,8	combustão úmida/Walkey Black / 0,01mg/L
Nitrogênio (TKN) - mg/L	713	TKN/ 0,1 mg/L
Fósforo total - mg/L	175	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,01 mg/L
Potássio total - mg/L	550	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,07 mg/L
Cálcio total - mg/L	95	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,04 mg/L
Magnésio total - mg/L	99	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,02 mg/L
Enxofre total - mg/L	46	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 1,0 mg/L
Cobre total - mg/L	3,8	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,004 mg/L
Zinco total - mg/L	29	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,02 mg/L
Ferro total - mg/L	9,7	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,04 mg/L
Manganês total - mg/L	2,0	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,01 mg/L
Sódio total - mg/L	140	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,1 mg/L
Cádmio total - mg/L	< 0,002	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,002 mg/L
Boro total - mg/L	0,9	digestão seca/ ICP-OES/ 0,1 mg/L

Obs.₁: Resultados expressos na amostra "in natura".

Obs.₂: Média de 2 determinações.

Eng. Agr. Clesio Gianello, Ph.D.
CREA 8a. Reg. 25.642
Responsável pelo Laboratório de Análises

LAUDO DE ANÁLISES

NOME: Prof. Egon Meurer/Rosele

MUN.: Porto Alegre

Data de entrada: 09/08/12

EST.: RS

Data de expedição: 03/10/12

Nº DE REG.: R-305/2012

MATERIAL: Dejetos de Suínos

Determinações	Amostra D	Metodologia aplicada / Limite de detecção
Umidade - % (m/m)	98,87	gravimetria / -
pH	7,7	potenciometria
Densidade - kg/m ³	987	-
Carbono orgânico - g/L	2,8	combustão úmida/Walkey Black / 0,01mg/L
Nitrogênio (TKN) - g/L	1,9	TKN/ 0,1 mg/L
Fósforo total - mg/L	117	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,01 mg/L
Potássio total - g/L	2,0	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,07 mg/L
Cálcio total - mg/L	254	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,04 mg/L
Magnésio total - mg/L	51	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,02 mg/L
Enxofre total - mg/L	92	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 1,0 mg/L
Cobre total - mg/L	6,1	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,004 mg/L
Zinco total - mg/L	7,7	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,02 mg/L
Ferro total - mg/L	15	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,04 mg/L
Manganês total - mg/L	3,0	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,01 mg/L
Sódio total - mg/L	483	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,1 mg/L
Cádmio total - mg/L	< 0,002	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,002 mg/L
Boro total - mg/L	3,0	digestão seca/ ICP-OES/ 0,1 mg/L

Obs.₁: Resultados expressos na amostra "in natura".

Obs.₂: Média de 2 determinações.

Eng. Agr. Clesio Gianello, Ph.D.
CREA 8a. Reg. 25.642
Responsável pelo Laboratório de Análises

LAUDO DE ANÁLISES

NOME: Prof. Egon Meurer/Rosele

MUN.: Porto Alegre

Data de entrada: 09/08/12

EST.: RS

Data de expedição: 03/10/12

Nº DE REG.: R-305/2012

MATERIAL: Dejetos de Suínos

Determinações	Amostra E	Metodologia aplicada / Limite de detecção
Umidade - % (m/m)	97,98	gravimetria / -
pH	7,5	potenciometria
Densidade - kg/m ³	961	-
Carbono orgânico - g/L	4,4	combustão úmida/Walkey Black / 0,01mg/L
Nitrogênio (TKN) - g/L	2,4	TKN/ 0,1 mg/L
Fósforo total - mg/L	107	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,01 mg/L
Potássio total - g/L	3,1	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,07 mg/L
Cálcio total - mg/L	225	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,04 mg/L
Magnésio total - mg/L	51	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,02 mg/L
Enxofre total - mg/L	446	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 1,0 mg/L
Cobre total - mg/L	4,0	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,004 mg/L
Zinco total - mg/L	5,9	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,02 mg/L
Ferro total - mg/L	9,9	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,04 mg/L
Manganês total - mg/L	2,5	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,01 mg/L
Sódio total - g/L	1,2	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,1 mg/L
Cádmio total - mg/L	< 0,002	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,002 mg/L
Boro total - mg/L	3,8	digestão seca/ ICP-OES/ 0,1 mg/L

Obs.₁: Resultados expressos na amostra "in natura".

Obs.₂: Média de 2 determinações.

Eng. Agr. Clesio Gianello, Ph.D.
CREA 8a. Reg. 25.642
Responsável pelo Laboratório de Análises

LAUDO DE ANÁLISES

NOME: Prof. Egon Meurer/Rosele

MUN.: Porto Alegre

Data de entrada: 09/08/12

EST.: RS

Data de expedição: 03/10/12

Nº DE REG.: R-305/2012

MATERIAL: Dejetos de Suínos

Determinações	Amostra F	Metodologia aplicada / Limite de detecção
Umidade - % (m/m)	99,09	gravimetria / -
pH	7,5	potenciometria
Densidade - kg/m ³	998	-
Carbono orgânico - g/L	2,6	combustão úmida/Walkey Black / 0,01mg/L
Nitrogênio (TKN) - g/L	1,5	TKN/ 0,1 mg/L
Fósforo total - mg/L	140	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,01 mg/L
Potássio total - g/L	1,2	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,07 mg/L
Cálcio total - mg/L	318	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,04 mg/L
Magnésio total - mg/L	66	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,02 mg/L
Enxofre total - mg/L	95	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 1,0 mg/L
Cobre total - mg/L	8,2	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,004 mg/L
Zinco total - mg/L	8,0	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,02 mg/L
Ferro total - mg/L	16	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,04 mg/L
Manganês total - mg/L	3,3	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,01 mg/L
Sódio total - mg/L	303	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,1 mg/L
Cádmio total - mg/L	< 0,002	digestão úmida nítrico-perclórica/ ICP-OES/ 0,002 mg/L
Boro total - mg/L	1,0	digestão seca/ ICP-OES/ 0,1 mg/L

Obs.₁: Resultados expressos na amostra "in natura".

Obs.₂: Média de 2 determinações.

Eng. Agr. Clesio Gianello, Ph.D.
CREA 8a. Reg. 25.642
Responsável pelo Laboratório de Análises

APÊNDICES 4. Atributos químicos das amostras de solo

Prof.	R ⁽¹⁾	Arg	MOS	pH	P	K	Na	Ca	Mg	CTC _{pH7}	Zn _B	Zn _T	Cu _B	Cu _T	Mn _B	Mn _T
cm	----	--- % ---	---	-- mg dm ⁻³ --	---	---	---	---	---	---	----- mg kg ⁻¹ -----					
0-2,5	R1	20	4,2	5,6	38	372	76	17,2	7,7	32,1	8,7	62,2	7,6	109,3	214,9	1.795
0-2,5	R2	18	2,3	5,8	68	216	92	20,4	8,3	32,8	3,9	40,2	6,5	104,7	127,3	1.051
2,5-5	R1	23	2,9	5,4	39	220	92	19,0	7,7	34,1	8,2	67,5	7,9	109,3	202,3	1.927
2,5-5	R2	20	1,9	5,7	76	128	152	23,3	8,1	36,1	3,1	46,3	4,9	104,7	88,8	936
5-10	R1	27	1,6	6,1	11	84	80	18,7	7,5	29,9	3,2	41,0	6,6	95,3	85,0	1.960
5-10	R2	22	1,1	5,9	13	48	184	25,1	8,9	36,1	0,9	37,2	3,9	90,7	26,8	1.018
10-20	R1	26	1,3	6,5	11	40	92	22,0	7,9	32,2	2,6	40,2	5,7	86,0	78,7	1.332
10-20	R2	14	0,8	6,5	17	52	188	23,2	8,6	33,9	1,5	38,7	3,6	95,3	12,8	1.183
20-40	R1	16	0,6	6,4	14	44	148	22,1	7,2	31,7	1,4	25,1	2,3	48,8	9,7	440
20-40	R2	14	0,4	6,8	68	32	224	23,2	9,4	34,3	0,8	31,2	3,2	76,7	15,4	506
0-2,5	R1	22	4,0	5,8	63	532	92	16,2	6,2	27,3	25,4	78,1	20,9	132,6	181,0	2.175
0-2,5	R2	19	6,6	5,8	72	708	80	16,7	8,4	31,3	27,5	81,8	8,7	109,3	140,1	1.696
2,5-5	R1	29	4,5	5,5	31	232	92	20,5	8,2	32,4	13,0	59,2	17,0	118,6	129,9	1.960
2,5-5	R2	21	6,3	5,9	39	520	100	19,7	8,5	33,5	17,0	69,7	18,0	114,0	173,2	1.894
5-10	R1	35	2,2	5,7	14	136	84	19,7	8,1	30,9	5,0	49,3	10,7	90,7	37,8	2.026
5-10	R2	21	3,4	5,8	26	244	104	18,9	8,6	31,5	11,0	66,0	14,1	109,3	172,9	2.407
10-20	R1	26	1,4	6,2	5	72	144	22,3	7,7	33,3	1,9	36,5	7,3	104,7	19,1	1.283
10-20	R2	25	3,2	6,3	8	64	120	20,9	8,4	32,3	2,7	39,5	5,7	67,4	13,8	1.498
20-40	R1	29	0,7	6,3	19	28	276	27,0	8,6	37,8	1,8	40,2	2,6	81,4	18,5	820
20-40	R2	29	2,6	6,0	12	60	108	16,9	5,6	26,2	2,2	36,5	2,8	67,4	49,0	2.456
0-2,5	R1	21	4,2	5,9	46	496	44	15,5	7,2	28,4	16,4	78,8	9,9	95,3	97,0	1.878
0-2,5	R2	15	6,0	6,0	76	800	56	19,0	8,1	33	21,0	84,9	12,2	95,3	60,2	1.498
2,5-5	R1	24	3,6	6,1	24	392	68	17,5	7,5	29,5	11,8	69,0	8,6	76,7	39,0	1.977
2,5-5	R2	14	4,3	5,9	70	800	80	19,2	7,2	31,9	19,3	83,4	12,6	109,3	48,8	1.762
5-10	R1	30	4,0	5,7	5	252	68	17,9	7,0	28,6	4,8	58,4	7,3	86,0	29,4	2.208
5-10	R2	27	3,6	5,0	90	256	52	16,2	7,6	31,3	25,7	93,2	16,9	118,6	170,1	2.274
10-20	R1	34	2,5	5,5	8	96	56	15,9	7,2	27,2	2,3	54,6	7,5	76,7	18,0	1.993
10-20	R2	23	3,2	5,6	20	640	52	18,1	8,3	30,3	8,9	68,2	7,6	90,7	46,5	2.043
20-40	R1	54	2,2	5,7	6	60	44	20,8	7,8	32,3	2,6	55,4	6,8	67,4	62,1	1.382
20-40	R2	31	3,0	6,0	5	352	48	17,3	7,9	29,9	5,3	59,2	6,3	76,7	26,4	2.142
0-2,5	R1	14	12,9	5,6	407	800	44	17,8	8,1	31,5	84,7	159,8	6,2	137,2	124,8	1.547
0-2,5	R2	34	9,8	5,9	536	800	64	17,0	8,0	32	82,9	187,0	8,6	141,9	96,0	2.605
2,5-5	R1	23	8,4	5,6	68	800	28	18,8	8,3	32,7	46,8	107,6	18,5	127,9	109,6	2.175
2,5-5	R2	22	5,0	5,7	90	712	80	16,3	8,2	30,7	33,0	103,0	17,3	118,6	64,0	3.415
5-10	R1	32	2,7	5,9	31	760	72	14,4	6,2	26,4	10,9	52,3	14,9	95,3	34,8	1.845
5-10	R2	24	2,6	6,1	32	540	104	15,7	8,1	28,3	21,0	72,8	14,9	95,3	49,4	2.869
10-20	R1	42	3,4	5,9	16	640	72	15,7	6,9	27,7	4,1	40,2	11,6	86,0	36,1	1.630
10-20	R2	28	2,6	5,8	20	272	104	14,9	7,3	25,7	9,9	60,7	9,1	81,4	19,9	3.696
20-40	R1	65	1,4	6,0	9	112	112	15,1	5,9	24,4	1,7	36,5	11,2	62,8	22,2	539
20-40	R2	28	1,5	6,2	9	104	120	17,7	6,9	28,4	2,4	32,7	5,5	81,4	18,9	3.002
0-2,5	R1	16	7,9	5,3	240	640	52	8,8	4,6	17,8	53,6	76,6	16,1	53,5	85,4	737
0-2,5	R2	14	5,7	5,3	178	720	44	7,5	3,9	18,7	41,0	81,1	17,0	58,1	161,9	869
2,5-5	R1	24	3,2	6,1	26	460	64	7,6	4,4	16	10,2	41,8	9,8	44,2	47,6	1.002
2,5-5	R2	21	2,9	5,9	50	540	56	8,7	3,7	19,2	27,1	34,8	18,6	62,8	100,7	1.084
5-10	R1	29	2,6	6,0	23	308	52	9,3	4,8	17,9	8,7	50,1	7,5	34,9	58,6	985
5-10	R2	26	3,3	5,9	28	360	72	9,2	4,1	19,1	20,1	64,4	15,7	48,8	80,7	1.084
10-20	R1	26	1,6	6,0	14	140	76	7,9	3,4	14,7	7,2	47,8	5,4	25,6	78,4	1.150
10-20	R2	27	2,2	5,5	21	196	84	11,9	5,0	19,5	13,9	62,2	6,6	34,9	93,6	1.183
20-40	R1	51	2,2	5,4	7	56	80	7,9	2,6	15	2,5	32,7	2,9	20,9	79,2	770
20-40	R2	42	1,4	5,6	8	96	80	11,8	3,5	19,1	5,4	48,6	4,4	20,9	36,5	1.283

Continuação... Atributos químicos das amostras de solo

Prof.	R ⁽¹⁾	Arg	MOS	pH	P	K	Na	Ca	Mg	CTCpH7	ZnB	ZnT	CuB	CuT	MnB	MnT
cm	---	--- %	---	---	-- mg dm ⁻³	---	---	---	cmol _c dm ⁻³	---	----- mg kg ⁻¹ -----					
0-2,5	R1	23	4,0	5,5	16	160	76	11,7	4,3	19,1	9,0	52,3	2,4	30,2	104,6	1.183
0-2,5	R2	20	3,3	5,9	31	200	92	12,0	4,3	19,8	9,1	53,1	3,0	41,5	131,5	919
2,5-5	R1	21	2,5	5,4	12	164	72	10,5	3,6	17	9,8	52,3	2,8	30,2	117,7	1.018
2,5-5	R2	22	2,9	5,4	9	108	104	11,9	2,9	19,4	8,5	49,3	2,8	58,2	108,4	1.117
5-10	R1	21	2,4	5,4	8	184	56	11,2	3,5	17,7	8,9	52,3	2,7	20,9	115,6	936
5-10	R2	24	3,3	5,4	8	56	76	12,4	4,0	22,7	5,7	47,0	2,3	30,2	81,8	1.283
10-20	R1	29	2,3	5,7	6	96	32	11,4	3,5	20,1	5,6	55,4	2,3	25,6	91,1	1.167
10-20	R2	29	2,1	5,1	8	44	36	11,3	3,6	21,9	16,0	56,1	2,7	33,0	128,4	1.150
20-40	R1	38	2,9	5,7	3	36	48	15,6	4,4	23,6	9,7	56,9	2,2	30,2	104,6	1.283
20-40	R2	38	1,4	5,3	8	68	56	11,6	3,2	18,9	4,7	52,3	2,8	20,9	39,8	1.084
0-2,5	R1	29	4,0	4,8	394	232	24	3,7	2,2	17,3	82,0	101,5	14,9	44,2	154,4	770
0-2,5	R2	34	3,7	4,5	284	164	24	2,1	1,2	17,5	49,9	82,6	12,1	39,5	251,9	605
2,5-5	R1	35	2,4	4,6	158	180	24	3,0	1,5	15,8	44,0	77,3	12,0	39,5	189,2	919
2,5-5	R2	35	2,8	4,0	407	104	8	1,4	1,1	15	41,8	66,0	14,2	30,2	242,9	638
5-10	R1	42	1,7	4,9	76	100	28	3,6	1,7	12,5	37,3	68,2	9,0	34,9	119,0	919
5-10	R2	39	3,3	4,0	208	100	24	2,1	1,1	15,7	34,5	69,7	11,5	48,8	244,0	754
10-20	R1	54	1,6	5,5	21	44	36	6,5	2,1	13,1	23,3	41,0	7,6	34,9	43,5	522
10-20	R2	42	1,9	4,3	74	56	16	2,7	1,4	16,5	37,9	66,7	9,1	39,5	222,7	919
20-40	R1	79	1,6	5,6	5	68	64	6,7	2,6	12,6	2,8	31,9	5,6	30,2	65,1	340
20-40	R2	70	2,0	4,9	11	28	28	5,3	2,3	13,2	7,8	34,2	6,3	34,9	100,8	307
0-2,5	R1	27	2,7	5,5	26	84	48	9,6	3,4	17,1	57,6	99,2	7,0	30,2	131,2	969
0-2,5	R2	21	2,4	5,6	37	140	44	9,2	3,1	16,2	51,7	89,4	7,2	30,2	84,4	1.134
2,5-5	R1	25	1,8	5,5	24	48	48	8,8	3,5	17,9	48,6	93,9	6,2	34,9	127,1	1.051
2,5-5	R2	25	1,9	5,6	15	64	40	8,7	3,4	16,7	39,5	94,7	7,4	34,9	129,8	1.134
5-10	R1	30	1,6	5,9	7	40	40	10,7	3,5	18,2	12,1	50,1	3,1	25,6	37,3	985
5-10	R2	29	2,1	5,5	7	48	52	11,1	4,1	17,5	17,2	64,4	3,9	30,2	38,7	1.117
10-20	R1	31	1,5	5,8	7	44	44	10,6	3,6	18,8	4,6	56,1	4,6	25,6	44,0	1.150
10-20	R2	32	1,4	6,0	5	60	56	12,1	3,8	18,1	7,0	52,3	3,2	25,6	42,7	1.134
20-40	R1	40	1,3	5,4	5	52	52	10,8	2,7	19,8	3,5	44,8	3,3	25,6	62,4	1.217
20-40	R2	40	1,5	5,4	5	52	40	14,2	4,1	20,4	3,8	44,8	3,1	25,6	32,2	1.299
0-2,5	R1	46	5,6	5,0	9	320	84	10,6	4,3	20,2	29,8	72,0	11,1	76,7	336,6	2.043
0-2,5	R2	19	3,0	5,3	39	316	72	17,1	6,7	30,8	49,3	117,4	9,9	104,7	239,0	1.812
2,5-5	R1	42	3,8	5,2	18	112	60	10,6	4,9	22,7	12,1	60,7	9,9	81,4	17,8	1.977
2,5-5	R2	20	3,6	5,4	25	208	80	17,7	6,7	31,2	30,2	85,6	8,5	81,4	207,8	1.977
5-10	R1	44	2,5	5,8	11	44	52	14,2	6,0	23,8	3,6	51,6	9,7	90,7	79,8	2.274
5-10	R2	23	3,4	5,7	14	192	84	21,6	7,6	35,2	14,5	63,7	7,1	90,7	95,3	1.977
10-20	R1	24	1,9	6,0	11	120	84	22,3	6,6	32,3	3,2	44,8	5,2	76,7	22,0	2.159
10-20	R2	24	1,9	6,0	11	120	84	22,3	6,6	32,3	3,2	44,8	5,2	76,7	22,0	2.159
20-40	R1	86	1,4	5,7	6	28	24	11,5	4,9	19,6	2,2	35,7	10,6	62,8	24,8	1.250
20-40	R2	86	1,4	5,7	6	28	24	11,5	4,9	19,6	2,2	35,7	10,6	62,8	26,5	1.250
0-2,5	R1	33	3,7	5,0	18	228	56	12,2	5,9	23,1	51,3	109,8	16,6	113,9	478,4	2.374
0-2,5	R2	47	4,3	5,1	39	296	40	7,7	3,6	17	44,5	84,9	15,3	62,8	517,2	2.704
2,5-5	R1	33	3,2	5,2	17	184	92	13,1	4,9	23,3	42,2	97,7	15,9	90,7	342,2	2.539
2,5-5	R2	57	4,0	4,9	35	120	60	10,3	4,0	20,8	19,7	64,4	12,9	72,1	259,3	2.919
5-10	R1	35	3,0	5,6	6	72	72	16,8	5,9	27,4	7,1	50,8	9,7	95,5	71,0	2.506
5-10	R2	48	2,9	5,5	8	116	56	11,6	4,2	21	4,4	42,5	10,3	62,8	60,4	2.440
10-20	R1	42	2,3	5,7	3	36	80	16,2	6,1	25,6	3,1	39,5	7,5	67,4	21,5	2.473
10-20	R2	60	2,1	6,1	5	36	32	11,5	4,5	19,2	1,9	43,3	6,7	62,8	8,6	2.357
20-40	R1	70	2,4	5,8	2	44	44	11,9	3,7	19,2	2,8	37,2	11,2	67,4	81,9	1.382
20-40	R2	81	1,9	5,5	9	68	44	11,7	3,8	18,4	1,4	37,2	9,8	62,8	31,0	1.283

Onde: ⁽¹⁾ R = repetição

APÊNDICE 5. Atributos químicos das áreas de referência.

Prof.	R ⁽¹⁾	Arg	MOS	pH	P	K	Na	Ca	Mg	CTCpH7	ZnB	ZnT	CuB	CuT	MnB	MnT
cm		--- % ---		---	-- mg dm ⁻³ --				--- cmol _c dm ⁻³ ---				----- mg kg ⁻¹ -----			
0-2,5	M1	14	5,5	4,2	33	128	20	3,5	1,2	22,3	5,2	30,1	0,5	15,5	121,8	431
2,5-5	M1	20	2,7	4,0	33	80	20	1,3	0,8	13,2	2,1	13,5	0,8	10,3	76,9	209
5-10	M1	20	1,8	3,8	38	52	32	0,3	0,3	14,4	1,3	11,7	0,9	9,0	50,0	185
10-20	M1	24	1,1	4,0	35	36	20	0,2	0,2	9,1	2,3	12,5	1,2	8,7	46,7	188
20-40	M1	20	1,2	4,2	90	32	16	0,4	0,2	9,4	3,0	12,7	1,1	9,9	27,1	258
0-2,5	M2	14	6,3	5,5	12	132	24	12,7	5,1	22,5	10,6	53,1	0,3	52,3	144,9	1.661
2,5-5	M2	20	4,6	5,5	5	80	20	9,5	4,6	18,1	4,1	53,8	0,6	56,6	146,1	2.608
5-10	M2	20	3,3	5,6	5	56	32	9,3	4,8	18,1	3,1	49,8	1,1	62,7	123,4	2.591
10-20	M2	22	1,6	5,6	3	28	36	9,9	2,8	16,7	2,9	44,5	4,2	76,4	60,2	2.418
20-40	M2	20	1,1	6,0	3	28	68	13,4	5,7	22,2	2,0	42,8	5,8	85,3	41,2	1.859
0-2,5	M3	15	7,3	6,4	15	140	28	33,6	9,6	45,8	14,1	80,2	0,2	90,8	32,2	1.802
2,5-5	M3	21	3,3	6,5	4	52	32	23,5	8,8	34,1	6,6	77,0	1,6	97,0	51,6	1.520
5-10	M3	23	2,3	6,6	5	48	40	18,9	8,3	29,5	2,1	75,7	4,5	106,6	50,2	326
10-20	M3	29	1,6	6,5	4	36	44	18,7	8,3	29,3	1,0	70,2	6,5	96,8	9,4	1.502
20-40	M3	29	1,9	6,2	5	28	40	19,0	6,0	27,6	8,3	77,4	5,8	101,0	42,3	1.866
0-2,5	M4	16	8,5	5,8	13	251	39	22,1	6,7	33,2	10,9	64,2	0,6	70,6	101,4	1.967
2,5-5	M4	20	4,3	5,7	6	105	43	15,4	5,5	26,3	4,8	56,0	1,7	72,1	101,9	2.101
5-10	M4	24	3,1	5,6	6	63	48	12,3	5,4	23,6	2,7	59,5	3,3	78,9	120,7	1.763
10-20	M4	31	2,0	5,5	4	48	49	12,2	4,7	23,2	1,9	52,7	5,9	87,0	90,8	1.971
20-40	M4	26	1,9	5,7	6	36	63	14,7	4,9	27,4	4,3	52,2	6,8	97,0	63,1	1.669

Onde: ⁽¹⁾ R = repetição