

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

JÉSSICA VANDRESEN SANTANA

**LIXIVIAÇÃO DE COBRE E ZINCO EM SOLO CORRIGIDO COM
RESÍDUO DE GESSO DA CONSTRUÇÃO CIVIL E SOB APLICAÇÃO
DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2014

JÉSSICA VANDRESEN SANTANA

**LIXIVIAÇÃO DE COBRE E ZINCO EM SOLO CORRIGIDO COM RESÍDUO DE
GESSO DA CONSTRUÇÃO CIVIL E SOB APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA
DA SUINOCULTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 (TCC 2), do curso de Engenharia Ambiental, da coordenação de Engenharia Ambiental do Câmpus Campo Mourão da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Cleide Baldo

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Morgana Suszek Gonçalves

CAMPO MOURÃO

2014



TERMO DE APROVAÇÃO

LIXIVIAÇÃO DE COBRE E ZINCO EM SOLO CORRIGIDO COM RESÍDUO DE GESSO DA CONSTRUÇÃO CIVIL E SOB APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA

por

JÉSSICA VANDRESEN SANTANA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 07 de agosto de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof. Dr^a. MARIA CLEIDE BALDO

Prof. Dr. RAFAEL MONTANHINI SOARES DE OLIVEIRA

Prof. Dr^a. MARCILENE FERRARI BARRIQUELLO CONSOLIN

O termo de aprovação assinado encontra-se assinado na Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Neusa e Antonio, sem os quais não seria possível a realização deste sonho. Por sempre estarem presente em minha vida, me apoiando e aconselhando;

Aos meus irmãos Lucas e Henrique, que entre brigas e brincadeiras, sei que torciam por mim e aos meus avós Adolfo, Rosa, Otto e Elmira pelo apoio, mesmo que a distância;

À professora Morgana Suszek Gonçalves, pela orientação deste trabalho, paciência e apoio;

Aos professores Maria Cleide Baldo e Tiago de Castro Morais pela colaboração dada a este trabalho;

À Granja Santa Ana, por fornecer a água residuária da suinocultura utilizada nesta pesquisa e ao grupo Casali por ceder o resíduo do gesso de construção civil.

A UNIOESTE, por permitir que as análises fossem feitas em seu laboratório;

À professora Marcilene Ferrari Barriquello Consolin, pela oportunidade dos dois anos de realização da iniciação científica (IC);

À Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná pela concessão de bolsas de estudos de iniciação científica;

Aos laboratoristas Marcelo e Kássia, pelo apoio durante as análises laboratoriais, tanto no desenvolvimento deste trabalho como no de IC;

À todos professores, pelo conhecimento compartilhado, contribuição na minha formação profissional, amizade e conselhos.

À ZM Bombas, pela oportunidade de estágio e aprendizado.

À todos meus amigos, em especial à Gabriela, Maria Eduarda, Andréia e Nayara, pelo apoio e momento de distrações nestes cinco anos de faculdade.

À todas pessoas que estudei e conheci no período da faculdade que de alguma maneira contribuíram para o termino desta etapa.

Por fim à Deus por me dar condições de realização deste sonho, por colocar pessoas incríveis em minha vida e por estar presente nos momentos bons e difíceis.

RESUMO

SANTANA, Jéssica V. Lixiviação de cobre e zinco em solo corrigido com resíduo de gesso da construção civil e sob aplicação de água residuária da suinocultura. 2014. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão. 2014.

A presença de importantes nutrientes para as plantações na água residuária da suinocultura faz com que esta possa ser aplicada ao solo como fertilizante. Entre os nutrientes presentes na ARS estão o cobre e o zinco, que embora sejam essenciais às plantas, se em excesso podem causar a contaminação da planta, do solo e de águas subterrâneas por meio do processo de lixiviação. Além da adição de fertilizantes é necessário fazer a correção do pH do solo para eliminação de elementos tóxicos às plantas, para isso realiza-se a prática da calagem (adição de calcário). Junto com o calcário, agricultores têm aplicado ao solo o gesso agrícola (CaSO_4) que possui maior facilidade em penetrar o perfil do solo e, apesar de não corrigir o pH do solo, elimina os elementos tóxicos às plantas. Pela característica que o gesso apresenta, este pode aumentar a lixiviação do Cu e Zn. Assim, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar a lixiviação do Cu e Zn provenientes da aplicação de ARS ao solo, com a adição de calcário e resíduo de gesso da construção civil para a correção da acidez do solo e minimização de seus efeitos em camadas subsuperficiais. Para isso, colunas de solo foram preenchidas com amostras de um Latossolo Vermelho distroférrico de acordo com os seguintes tratamentos: T1 (Solo + ARS), T2 (Solo+ calcário +ARS) e T3 (Solo+ calcário + gesso + ARS). A quantidade de ARS aplicada foi correspondente à dose de nitrogênio recomendada para a cultura do milho, assim como o cálculo da necessidade de calcário e gesso, que também foram realizados com base nesta cultura. O material lixiviado foi coletado e enviado para análise da concentração de Cu e Zn por meio da espectrofotometria de absorção atômica. O resultado foi comparado pelo teste estatístico de comparação de retas, a 5% de significância. Os resultados mostram que o calcário reteve o zinco no solo e o gesso da construção civil favoreceu a lixiviação do metal em relação ao uso apenas do calcário, mas com o manejo adequado da ARS e do gesso a situação apresentada pode ser benéfica para as plantações e não se corre o risco de contaminação de águas subterrâneas, uma vez que a lixiviação no tratamento T1 foi maior que nos tratamentos T2 e T3. A lixiviação do cobre ocorreu apenas no solo corrigido com calcário. Como a lixiviação do zinco não ocorreu de maneira excessiva, indica-se a possibilidade de uso do resíduo do gesso da construção civil, junto com o calcário em solos agrícolas.

Palavras-chave: Água residuária da suinocultura. Gesso. Lixiviação. Correção da acidez do solo. Metais pesados.

ABSTRACT

SANTANA, Jéssica V. Cooper and zinc leaching in soil corrected with plaster waste from construction and under application of swine wastewater. 2014. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão. 2014.

The presence of important nutrients for crops in swine wastewater (SW) causes it be used as a soil fertilizer. Among the nutrients that are present in the SW, there are Copper and Zinc; even though they are essential to the plants, they can contaminate the plant, the soil and the groundwater through leaching processes, if applied in excess. Besides the addition of fertilizers, it is necessary to correct soil pH in order to eliminate elements that are toxic to the crops; for this reason, liming technique, the addition of limestone, is performed. Along with the limestone, farmers have been also applying calcium sulfate (CaSO_4), which penetrates to the soil more easily. Although it does not correct the soil's pH, it eliminates the toxic elements. For its characteristics, the calcium sulfate might increase the leaching process for Cu and Zn. Thus, the objective of this paper is to evaluate the Cu and Zn leaching processes from the application of SW, along with the addition of limestone and plaster from civil construction for liming of soil and its minimization in subsuperficial layers. For this reason, columns of soil were filled with samples of Haplorthox respecting the following treatments: T1 (Soil + SW), T2 (Soil + limestone + SW) and T3 (Soil + limestone + plaster + SW). The quantity of SW applied was equivalent to the doses of nitrogen recommended for corn crop; also, the same method was used to estimate the need of limestone and plaster. The leachate material was collected and send for Cu and Zn concentration analysis, by atomic absorption spectrophotometry. The result was compared by statistical lines comparison test, with 5% of significance. The results showed that limestone retained zinc to the soil and plaster from civil construction promoted the metal's leaching, if compared to the use of only limestone. However, with the right management of SW and plaster, it was shown to be benefic to crops while not offering the risk of groundwater contamination, once the leaching processes was higher in the treatment T1 than in treatments T2 and T3. Copper leaching only occurred in the soil corrected with limestone. Because zinc leaching did not occur excessively, the possibility of using plaster from civil construction is indicated, along with limestone in crop soils.

Key-words: Swine wastewater. Plaster. Leaching. Liming of soil. Heavy metals.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVOS	9
2.1 OBJETIVO GERAL	9
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
3 REVISÃO DA LITERATURA	10
3.1 ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA (ARS)	10
3.2 GESSO: RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO CIVIL	11
3.3 ACIDEZ E CORREÇÃO DO SOLO.....	12
3.4 LIXIVIAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA	15
4 MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1 SOLO	17
4.2 ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA	20
4.3 ENSAIOS DE LIXIVIAÇÃO.....	21
4.4 ANÁLISE ESTÁTISTICA	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
6 CONCLUSÕES	31
REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma atividade agropecuária bem consolidada no Brasil e que teve um crescimento significativo nos últimos anos. Em 2011 o rebanho paranaense de suínos atingiu 5.448.536 de cabeças suínas, representando 13,9% da produção total do país (38,9 milhões de cabeças) atrás de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (DERAL, 2013).

A produção de suínos de maneira integrada com a indústria ocasiona uma elevada geração de dejetos. Pela presença de importantes nutrientes, como fósforo, nitrogênio e potássio para cultivos agrícolas, a água residuária da suinocultura (ARS) é comumente utilizada como fertilizante para as plantações. Entretanto por ter potencial poluidor é necessário que a ARS passe por um tratamento adequado para posterior aplicação no solo, desta maneira diminuindo o risco de contaminação.

Na caracterização de águas residuárias da suinocultura é apresentada a presença de micronutrientes, como cobre (Cu) e zinco (Zn) que, na falta do manejo adequado do dejetos nas áreas aplicadas, acumulam-se no solo podendo ocasionar a contaminação de águas superficiais e subterrâneas a partir do escoamento superficial e da lixiviação.

Os solos paranaenses em sua maioria são ácidos, ou seja, apresentam grande concentração de íons hidrogênio e alumínio no solo. A acidez dos solos promove o aparecimento de elementos tóxicos para as plantas além de causar a diminuição da disponibilidade de nutrientes para as mesmas (SERRAT, 2002). A correção do pH por meio da calagem eleva o pH do solo, fornece cálcio e magnésio, aumenta a disponibilidade de nutrientes e conseqüentemente a eficiência de fertilizantes (LOPES, 1991).

O gesso (sulfato de cálcio) agrícola tem sido utilizado na agricultura devido sua maior facilidade em penetrar o perfil do solo, para diminuir os efeitos da acidez do solo nas camadas subsuperficiais e permitindo um melhor desenvolvimento das raízes das plantas e assim a absorção de nutrientes. Pela facilidade de penetração no solo a aplicação de gesso pode acelerar a lixiviação de nutrientes e outros componentes presentes no solo.

Entre as fontes de gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), o resíduo da construção civil tem sido alvo de pesquisas visando sua aplicação em solos agrícolas e com resultados

positivos, esta pode vir a tornar-se uma alternativa a disposição final deste resíduo, contribuindo para a sustentabilidade ambiental.

Diante do exposto o objetivo do presente trabalho é avaliar a lixiviação do Cu e Zn provenientes da aplicação de ARS ao solo, com a adição de calcário e do resíduo de gesso da construção civil, para a minimização dos efeitos da acidez nas camadas subsuperficiais do solo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta pesquisa foi avaliar a lixiviação do Cu e Zn provenientes da aplicação de água residuária da suinocultura ao solo, com a adição de resíduo de gesso da construção civil.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aferir a capacidade de deslocamento miscível do Cu e Zn proveniente de água residuária da suinocultura relacionada ao efeito da adição resíduo de gesso da construção civil e de calcário ao solo, por meio de ensaios de lixiviação.
- Obter as curvas de eluição para a determinação da capacidade de movimentação do Cu e Zn, relacionada ao efeito da adição do resíduo de gesso da construção civil e calcário no solo.
- Realizar teste estatístico de comparação de retas para verificação do comportamento da lixiviação de Cu e Zn no solo.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA (ARS)

A produção de suínos no Brasil possui importância econômica e social. No Paraná, a região oeste é a que detém o maior rebanho de suínos do Estado. O grande problema da suinocultura, classificada como atividade produtiva com grande potencial poluidor, reside no volume de dejetos gerado por animal e na sustentabilidade ambiental de sua produção (SMANHOTTO et al., 2010).

De acordo com a Associação Brasileira de Criadores de Suínos (ABCS, 2011) o volume de dejetos pode ser estimado segundo a fase de produção, podendo variar conforme o manejo e o tipo de instalação da granja. Uma matriz suína em ciclo completo produz 100 litros diários de dejetos, na Unidade de Produção de Leitões (UPL, até a saída da creche) 60 litros e em terminação 7,5 litros.dia⁻¹.

A capacidade poluidora dos dejetos suínos é muito superior em relação a outras espécies. Os dejetos suínos apresentam potencial poluidor em torno de 4,2 vezes maior que o esgoto doméstico. Assim na espécie humana, a DBO₅ per capita é de 45 a 75 g.(hab.dia)⁻¹ e para os suínos é de 189 a 208 g.(animal.dia)⁻¹ (BARTHEL, COSTA, OLIVEIRA; 2007).

A falta de tratamento de efluentes industriais, agroindustriais e de dejetos animais, o desperdício de água na irrigação agrícola, e a demanda por água potável tem forçado a busca por soluções práticas, econômicas e eficientes para o tratamento e reuso de águas residuárias (BERTONCINI, 2008).

A água residuária da suinocultura, por apresentar macro e micronutrientes, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro, zinco, cobre e outros (CABRAL et al., 2011) tem sido aplicada como fertilizantes de cultivos agrícolas por meio da irrigação, possibilitando uma economia pela substituição de fertilizantes químicos por fertilizantes orgânicos, melhorando as qualidades físicas, químicas e biológicas do solo (HACK et al., 2011) e permitindo a reciclagem dos nutrientes dentro da própria unidade de produção (GIROTTI, 2007).

O Cobre e Zinco, presentes nos dejetos suínos, são utilizados nas rações para a prevenção da diarreia e também como promotores de crescimentos dos

animais. Embora sejam elementos essenciais representam, em doses elevadas, riscos ao meio ambiente e à saúde humana (HIGARASHI et al., 2008). Sendo assim o conhecimento da disponibilidade dos nutrientes no solo é fundamental para uma recomendação de adubação adequada, evitando assim problemas de deficiência ou de toxidez (BORTOLON; GIANELLO, 2009).

Para o resultado eficaz do uso de dejetos suínos é necessário o conhecimento das características do solo e da ARS para verificação do tratamento e manejo adequado, já que a sobrecarga de dejetos suínos no solo, pode eventualmente atingir as águas superficiais e subterrâneas causando contaminação das águas, por meio do escoamento superficial e da lixiviação (SAMPAIO, 2010).

3.2 GESSO: RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

De acordo com o art. 2º da Resolução CONAMA nº 307, os resíduos da construção civil (RCC) são os resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rocha, tintas, gesso etc.

O gesso é um produto advindo do mineral gipsita composto basicamente de sulfato de cálcio hidratado, representado pela fórmula química $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (FAGUNDES, 2012). A composição média da gipsita apresenta-se dividida entre 32,5% de CaO (óxido de cálcio), 46,6% de SO_3 (trióxido de enxofre) e 20,9% de água (H_2O) (LYRA SOBRINHO et al., 2001).

Em suas variadas formas, o gesso é um dos mais antigos materiais empregado na construção civil, e que gera uma grande quantidade de resíduos. Sendo assim, deve-se ter a preocupação com a forma de descarte destes resíduos. Apesar de o resíduo de gesso ser considerado até pouco tempo atrás, basicamente entulho, recentemente o gesso passou a ser classificado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente como um resíduo com alternativas tecnológicas disponíveis de reciclagem e possibilitando o reaproveitamento do material (SILVA, 2013).

Segundo a Associação Brasileira do Drywall (2012) o resíduo de gesso da construção civil deve ser enviado a uma área de transbordo e triagem (ATT), onde

será realizado, a triagem e homogeneização do resíduo e posteriormente enviados para a reciclagem. Desde o final dos anos 1990, vêm sendo pesquisados métodos de reciclagem do gesso usado na construção civil e já se avançou de forma significativa em pelo menos três frentes de reaproveitamento desse material, representando importantes contribuições à sustentabilidade da construção civil brasileira. Sendo as três frentes: a indústria de cimento, o próprio setor de transformação de gesso e o uso do gesso na agricultura.

3.3 ACIDEZ E CORREÇÃO DO SOLO

O solo é um importante componente do ecossistema terrestre, pois preserva reservas de nutrientes e dá suporte a processos biológicos. Para a preservação desse recurso, é necessário saber as condições e os processos que acontecem no solo, obtidos por meio de índices (químicos, físicos e biológicos) que determinam a sua qualidade (MAIA, 2013).

Segundo Araújo et al. (2012) os indicadores químicos são, normalmente, agrupados em variáveis relacionadas com o teor de matéria orgânica do solo, o conteúdo de nutrientes, elementos fitotóxicos, determinadas relações como a saturação de bases (V%) e de alumínio (m) e a acidez do solo.

A acidez do solo pode ser em decorrência do material de origem e da intensidade da ação de agentes de intemperismo, como clima e organismos. Este parâmetro é avaliado por meio de seu pH, determinando-se a atividade de H^+ em suspensão de solo com água ou solução alcalina (NOVAIS et al., 2007, p. 210).

A determinação de pH do solo pode ser utilizada como base inicial para análise do comportamento químico dos solos, em especial quanto a disponibilidade de nutrientes e à presença de elementos tóxicos (FAGERIA; STONE, 2006). Em solos ácidos a disponibilidade dos nutrientes (fósforo, nitrogênio, potássio) diminui, enquanto a solubilização de íons como cobre e zinco aumentam, podendo atingir níveis tóxicos às plantas dependendo do manejo do solo e da adubação utilizados (SFREDO, 2008).

A calagem é uma técnica para correção do pH a muito utilizada, os corretivos que podem ser utilizados para a aplicação desta técnica são cal virgem, o calcário calcinado ou dolomítico entre outros (OLIVEIRA; SANTOS; COSTA, 2004).

Segundo Ronquim (2010) para se corrigir a acidez do solo deve-se utilizar um elemento que libere ânion e que forme um ácido fraco com o hidrogênio e ainda forneça cálcio e/ou magnésio para planta. O calcário aplicado ao solo forma os íons Ca^{+2} , Mg^{+2} e HCO_3^- (solubilização e dissociação), este reagindo com a água forma íons hidroxila (OH^-), água e dióxido de carbono (CO_2). As hidroxilas reagem com os íons Al^{3+} e H^+ adsorvidos formando hidróxido de alumínio insolúvel (etapa de neutralização) e água (etapa de imobilização do alumínio tóxico), liberando as cargas antes ocupadas por esses elementos, e que são ocupadas pelos íons Ca^{2+} e Mg^{2+} .

A calagem além da neutralização dos os íons H^+ e Al^{3+} ainda têm como benefícios: o aumento da disponibilidade de fosforo; aumentar a mineralização da matéria orgânica, favorecer a fixação biológica de nitrogênio. Porém deve-se tomar cuidado, já que a calagem em excesso ou mal aplicada pode ter efeito negativo na disponibilidade de micronutrientes (ROSSETO; SANTIAGO, 2011).

No Brasil a quantidade de calcário necessária para neutralizar a acidez do solo é calculada principalmente pelo método de saturação de bases (EMBRAPA, 2004).

Ronquim (2010) também afirma que na calagem a acidez do solo é corrigida apenas na superfície, deste modo às raízes encontram dificuldade para se desenvolver nas camadas em que o calcário não foi aplicado e como consequência a planta é menos capaz de absorver os nutrientes do solo. Para controlar esse problema agricultores têm utilizado o gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) para manejo da acidez subsuperficial, por possuir a capacidade de penetrar o perfil do solo mais profundamente, melhorar a participação do Ca^{2+} e minimiza do Al^{3+} , aumentando a capacidade de absorção de nutrientes pela raiz e o desenvolvimento do sistema radicular (SOUSA; LOBATO; REIN, 2005).

O gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), é um subproduto da indústria de fertilizantes com cerca de 20% de cálcio, 15% de enxofre, 0,7% de P_2O_5 e 0,6% de flúor. Diferentemente do calcário, o gesso é um sal neutro e não tem a capacidade de neutralizar a acidez do solo e assim não promove a elevação do pH do solo,

desta maneira os seus principais benefícios estão ligados ao fornecimento do cálcio, enxofre e diminuição da saturação por alumínio (FURTINI NETO et al., 2001)

Após aplicação no solo ocorre a diluição do gesso e assim o sulfato movimenta-se para camadas inferiores acompanhado por cátions, especialmente pelo Ca^{2+} . Com essa movimentação de cátions para a subsuperfície, os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} aumentam, acarretando redução no teor tóxico de alumínio e melhorando as condições do solo para crescimento das raízes (NOVAIS et al. 2007, p. 256).

Souza, Lobato e Rein (2005) afirmam que a maioria das culturas anuais, em resposta ao gesso agrícola, têm apresentado melhorias no ambiente radicular em profundidade destacando as culturas de milho, trigo e soja. Na Figura 1 é demonstrada a melhor distribuição das raízes de milho.

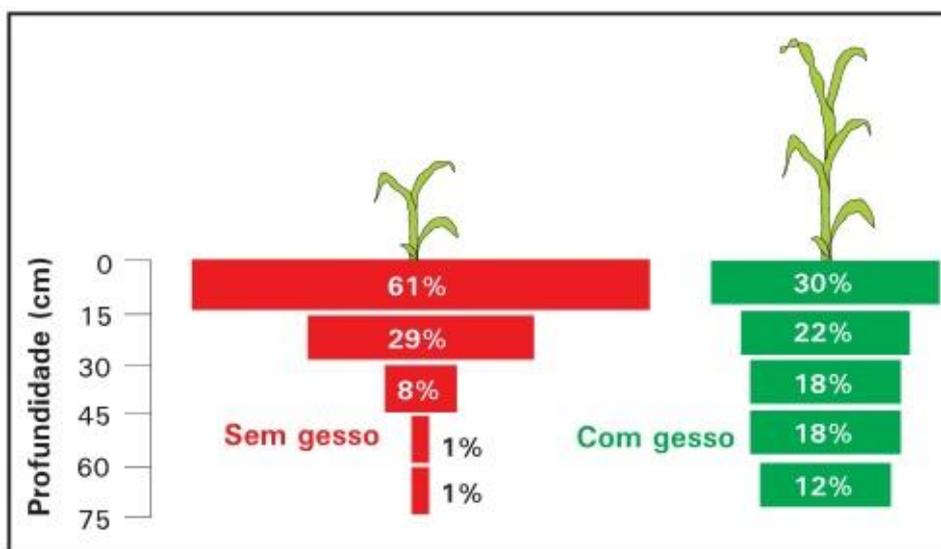


Figura 1 Distribuição relativa de raízes de milho no perfil de um Latossolo argiloso, sem aplicação e com a aplicação do gesso.

Fonte: Sousa, Lobato, Rein (2005, p.10)

O correto manejo do solo no sistema de produção é um valioso instrumento na busca de uma atividade agrícola sustentável, pois mantendo a boa qualidade do solo aumenta-se a produtividade agrícola e conserva-se a qualidade do meio ambiente. Sendo assim a correção da acidez do solo é considerada uma prática agrícola de grande contribuição para o aumento da eficiência de fertilizantes (LOPES et al., 2002).

3.4 LIXIVIAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA

A presença de metais pesados, como cobre e zinco, na água residuária da suinocultura caracteriza-a como uma potencial fonte de poluição ambiental. A disposição excessiva e o manejo incorreto da água residuária da suinocultura (ARS) pode provocar a contaminação do solo e por meio do processo de lixiviação às águas subterrâneas. A poluição das águas subterrâneas tem por consequência a contaminação de água superficial, já que a água do subsolo em algum momento aflora a superfície (SILVA, 2013).

Durante a incidência das chuvas quando o solo ainda não atingiu a condição de saturação e quando a taxa de infiltração supera a de precipitação, a água se move em direção aos lençóis freáticos, representando o processo de lixiviação (BOLZANI; OLIVEIRA; LAUTENSCHLAGER, 2012). Neste processo os elementos químicos presentes no solo migram das camadas mais superficiais para camadas mais profundas, em decorrência de uma lavagem devido à ação da chuva ou de irrigação, e podem torna-se indisponíveis para as plantas (EMBRAPA, 2005) além de causar a poluição das águas subterrâneas (ANDRADE et al., 2009).

Para Oliveira e Mattiazzo (2001) embora o solo seja uma barreira natural de proteção aos aquíferos subterrâneos, o movimento vertical e descendente de contaminantes pelo perfil dos solos agrícolas pode significar um grande problema para o meio ambiente. Sabe-se que a capacidade de mobilidade dos metais pesados é determinada pelas características do solo, como teores e tipo de argila, pH, capacidade de troca catiônica, teor de matéria orgânica entre outros que também influenciam na capacidade de precipitação.

Em seu estudo Meneghetti (2010) mostrou que a aplicação doses maiores que o recomendado de ARS no solo, combinada com a adubação química, contribuiu para a lixiviação do NO_3^- e também ocasionaram aumento nas concentrações de metais com potencial contaminante como Cu e Zn no solo e acúmulo de fósforo indisponível. Girotto (2007) ao fazer aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos no solo, notou que o acúmulo de cobre e zinco nas camadas superficiais do solo aumentaram a probabilidade de lixiviação, em sua pesquisa a maior dose aplicada ($80 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) ocasionou o aumento nas quantidades de Cu e Zn transferidas por percolação.

A correção da acidez do solo contribui para o aumento da disponibilidade de nutrientes para as plantas (ROSSETTO; SANTIAGO, 2011). Já a aplicação de gesso, permite que os nutrientes cheguem com maior facilidade nas raízes das plantas (BELCHIOR et al., 2010), desta maneira podendo contribuir para o aumento da lixiviação de nutrientes para camadas inferiores.

Ao avaliar a interferência da aplicação de calcário e gesso na lixiviação de metais do solo, Silva (2010) constatou que a adição de calcário inibe a lixiviação do chumbo e a mistura de calcário e gesso agrícola eleva o nível de chumbo nas camadas abaixo da superfície, indicando aumento da lixiviação do metal. Comportamento contrário é observado com o ferro (Fe) em que o solo com calcário tem a lixiviação do metal aumentado e no solo com a mistura de gesso agrícola impede o carreamento do Fe.

Apesar de alguns metais serem biologicamente essenciais às plantas, tais como Cu, Zn e Mn, a presença em concentrações elevadas, além de causarem danos ao meio ambiente podem ser tóxicos aos seres vivos se consumidos em níveis superiores de tolerância. Ao entrarem na cadeia alimentar e serem absorvidos pelo homem são responsáveis por diversas doenças, entre elas o câncer (MARTINS et al., 2011).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no laboratório de Saneamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Campo Mourão.

4.1 SOLO

Amostra de um Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2007) foi coletada a uma profundidade de 0-30 cm, no município de Campo Mourão, Paraná, latitude 24°03'35.78" Sul e longitude 52°23'16.84" Oeste. Na cobertura vegetal presente no local de coleta havia gramíneas e espécies arbóreas. O clima é do tipo subtropical úmido (Cfa), com precipitação média anual variando de 1600 a 1800 mm, e umidade relativa anual de 75 a 80%, verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estações definidas (CAVIGLIONE et al., 2000) .

A amostra coletada teve restos de folhas e raízes retiradas e posteriormente foi seca ao ar e passada em peneira de 2 mm de abertura de malha (TFSA). A caracterização físico-química do solo (Tabela 1) foi realizada pelo laboratório da Sociedade Rural de Maringá seguindo a metodologia descrita pela Embrapa (1997).

Tabela 1 - Características físico-químicas do solo coletado

Parâmetro	Teor	Unidade de medida
Areia	28,00	%
Silte	10,00	%
Argila	62,00	%
pH em CaCl ₂	5,10	-
pH em H ₂ O	5,60	-
pH em SMP	6,45	-
Matéria Orgânica (MO)	26,78	g/dm ³
Carbono (C)	15,53	g/dm ³
Fósforo (P)	5,96	mgP/dm ³
Potássio (K ⁺)	0,16	cmol _c /dm ³
Cálcio + Magnésio (Ca ⁺² + Mg ⁺²)	2,75	cmol _c /dm ³
Cálcio (Ca ⁺²)	1,94	cmol _c /dm ³
Magnésio (Mg ⁺²)	0,81	cmol _c /dm ³
Hidrogênio + Alumínio (H ⁺ + Al ⁺³)	3,55	cmol _c /dm ³
Acidez total	3,55	cmol _c /dm ³
Soma de Bases (SB)	2,91	cmol _c /dm ³
Capacidade de Troca (CTC)	6,46	cmol _c /dm ³
Saturação de Bases (V)	45,01	%
Enxofre (S)	3,16	mg/dm ³
Cobre (Cu)	5,60	mg/dm ³
Zinco (Zn)	5,10	mg/dm ³
Ferro (Fe)	38,00	mg/dm ³
Manganês (Mn)	27,00	mg/dm ³
Sódio (Na ⁺)	2,80	mg/dm ³
Densidade aparente	1,022	Kg/m ³

Para o preparo do solo foi realizada a correção do pH através da calagem e em uma das amostras também aplicou-se a técnica da gessagem. Técnica esta que tem sido utilizada pelos agricultores para minimizar o efeito da acidez do solo nas camadas subsuperficiais. O manejo das amostras de solo (adição da água residuária, calcário e gesso), foi realizado conforme orientação agrônômica para a cultura do milho. Os valores dos parâmetros utilizados para o manejo do solo estão presentes na Tabela 2.

Tabela 2 – Recomendações agrônômicas utilizadas para o manejo do solo

Parâmetro	Valor recomendado para a cultura do milho
pH	5,5 a 7,5
Saturação de bases (%)	60
Necessidade de nitrogênio (kg.ha ⁻¹)	80

Fonte: Dias (2007). Lopes (1991).

O tipo do calcário utilizado neste trabalho foi o calcário calcítico (CaCO₃). O cálculo da recomendação de calagem foi determinado com base na análise química

do solo. Entre os métodos existentes para a determinação da necessidade de calcário utilizou-se o de saturação de bases.

A determinação da quantidade de calcário a ser aplicada em uma área obtida através do método da elevação da saturação por bases se fundamenta na correlação positiva existente entre os valores de pH e a saturação por bases. Seguindo indicações de Oliveira et al. (2007), o cálculo da necessidade de calcário (NC) foi feito através da seguinte fórmula (1):

$$NC \text{ (t.ha}^{-1}\text{)} = (V_2 - V_1) * T * f / 100 \quad (1)$$

Onde:

V_2 = % de saturação em bases desejada

V_1 = % de saturação em bases encontrada pela análise de solo.

T = capacidade de troca catiônica ($\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) do solo utilizado.

f = fator de correção do PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total do calcário).

Este cálculo leva em conta a superfície de 1 ha e a profundidade de 0,20 m ou seja de 20 cm. A área de 10.000 m^2 multiplicada por 0,20 m de profundidade ou seja 2.000 m^3 . A necessidade de calcário determinada foi de 200 g para um volume de 5,9 m^3 .

A fórmula para a determinação da necessidade de gesso (NG) leva em consideração se a cultura é anual ou perene. Pelo milho ser uma espécie anual, o cálculo da NG foi realizada através da Fórmula 2, a seguir (BORIN et al., 2011):

$$NG \text{ (kg.ha}^{-1}\text{)} = 50 * \text{teor de argila} \quad (2)$$

Onde:

Teor de argila no solo expresso em %.

No experimento utilizou-se o resíduo de gesso da construção civil e a necessidade de gesso calculada foi de 915 mg para um volume de 5,9 m^3 .

Para que ocorra a reação do calcário e do gesso com o solo é necessário a presença de água. Sendo assim na agricultura, recomenda-se a aplicação destes corretivos três meses antes da plantação de culturas agrícolas, para que haja tempo de chover e desta maneira a reação acontecer. Por esse motivo, neste trabalho após ter sido feito o manejo do solo foram realizados regas periódicas até o solo apresentar aproximadamente pH 7. O pH ótimo para o cultivo do milho situa-se entre 6,0 e 7,0, mas cultura tolera pH entre 5,5 e 7,5 (DIAS, 2007). No experimento utilizou-se o calcário calcítico e o gesso proveniente de resíduo da construção civil (RCC), fornecido pela pedreira Casali localizada no município de Campo Mourão, Paraná.

4.2 ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA

A água residuária da suinocultura (ARS) foi coletada na Granja Santa Ana localizada no município de Mamborê, Paraná. A ARS proveniente de 20.000 mil suínos confinados em ciclo completo, foi tratada em um biodigestor anaeróbio e posteriormente deixada em uma lagoa de armazenamento por um período de aproximadamente três meses. A granja reutiliza a água tratada para a irrigação de seus próprios cultivares. A amostra coletada já havia passado pelo tratamento citado.

A ARS foi caracterizada conforme análises físico-químicas (Tabela 3) dos seguintes parâmetros: DQO, NTK, sólidos totais, fixos e voláteis, pH, cobre (Cu) e zinco (Zn), seguindo a metodologia de APHA, AWWA e WEF (1998).

Tabela 3 - Caracterização da água residuária da suinocultura.

Parâmetro	Valor
DQO (mg.L ⁻¹)	888,17
DQO filtrada (mg.L ⁻¹)	506,5
NTK (mg.L ⁻¹)	2.800
Sólidos Totais (mg.L ⁻¹)	1.701
Sólidos Voláteis (mg.L ⁻¹)	998
Sólidos Fixos (mg.L ⁻¹)	703
pH	7,77
Cu (mg.L ⁻¹)	2,18375
Zn (mg.L ⁻¹)	9,97667

DQO: demanda química de oxigênio; NTK: nitrogênio total Kjeldahl
Cu:Cobre; Zn: Zinco.

4.3 ENSAIOS DE LIXIVIAÇÃO

A avaliação da lixiviação dos metais pesados cobre (Cu) e zinco (Zn), no solo tratado com ARS, calcário e gesso, foram realizados através de ensaios em colunas de solo deformado. As colunas foram montadas com tubos de PVC com 5 cm de diâmetro e 30 cm de comprimento

Para o ensaio foram montadas três colunas e cada qual recebeu um tratamento diferente. A seguir estão descritos os três tipos de tratamentos que foram considerados no ensaio realizado:

T1: Solo + ARS (controle)

T2: Solo + calcário + ARS

T3: Solo + calcário+ gesso + ARS

Para que a coluna ficasse mais próxima com a realidade de campo, a quantidade de solo adicionada em cada coluna foi determinada a partir do cálculo da densidade aparente (Tabela 1, no item 4.1). Em cada coluna adicionou-se 0,725 g de solo já tratado. O preenchimento da coluna foi feito de maneira uniforme, sendo o solo acomodado à medida que inserido na coluna, assim evitando espaços vazios contendo ar e a formação de caminhos preferenciais.

Depois de preenchidas, as colunas foram fixadas verticalmente em um suporte universal por braçadeiras metálicas. Após fixação aplicou-se 6 mL de ARS na superfície de cada coluna, quantidade correspondente à dose de nitrogênio

recomendada para a cultura do milho ($80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e após 20 horas o teste foi realizado. Depois do tempo de espera saturou-se a coluna com solução de $0,01 \text{ CaCl}_2$, afim de expulsar o ar contido nos microporos do solo. Saturada a coluna, iniciou-se a passagem em sentido descendente de água destilada. Na Figura 2 é demonstrado o esquema do módulo experimental para o ensaio de lixiviação.

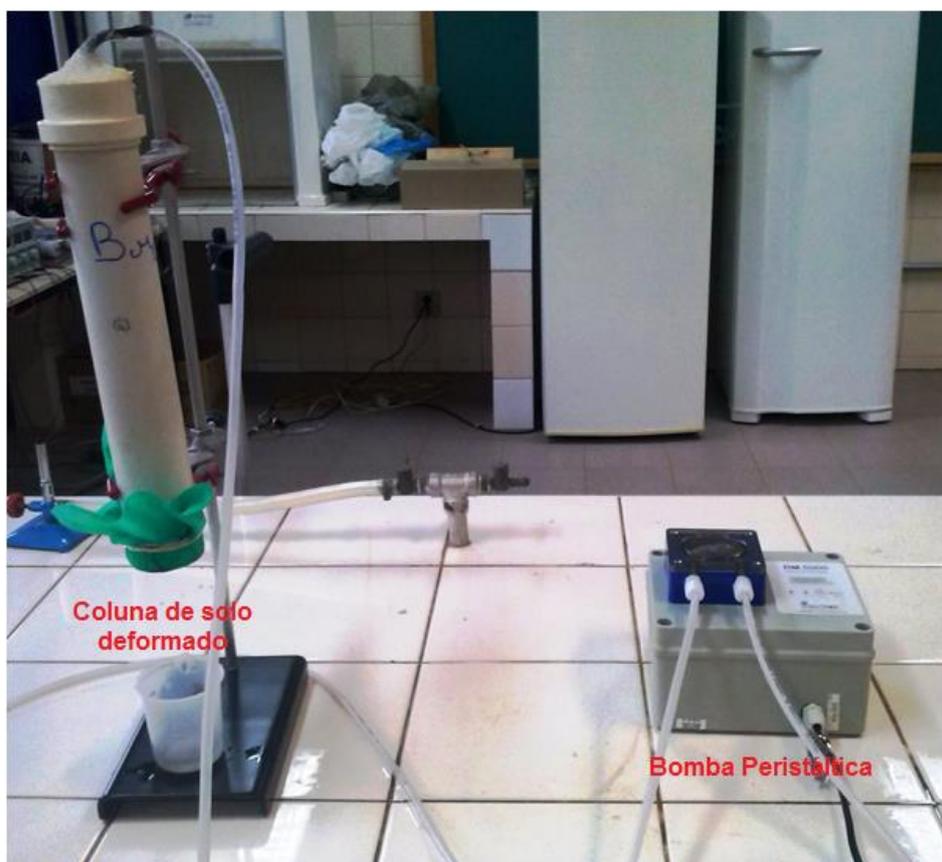


Figura 2 – Esquema do módulo experimental para o ensaio de lixiviação.
Fonte: Autoria própria

Para a simulação da chuva foram aplicados 1000 mL de água em cada coluna, com o uso de uma bomba peristáltica em fluxo constante de $5 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$. A coleta do material lixiviado proveniente das colunas foi feita a cada 100 mL em Becker de 150 mL, totalizando 10 amostras por tratamento. A coleta ocorreu a partir da primeira gota percolada e as amostras foram enumeradas sequencialmente. De cada amostra foram coletados 25 mL e feita a digestão ácida para a isenção da matéria orgânica e posteriormente armazenadas em frascos plásticos, congeladas e enviadas para a Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Câmpus

de Cascavel para a análise da concentração de Cu e Zn no material lixiviado através da Espectrofotometria de Absorção Atômica.

Após a coleta dos dados referentes à concentração de cobre e zinco presentes no material lixiviado, foi montada uma curva de eluição de concentração e uma curva de concentração acumulada para cada metal pesado nos três tipos de tratamentos.

4.4 ANÁLISE ESTÁTISTICA

Com os resultados obtidos, foram relacionados à concentração acumulada do Cu e do Zn e o volume lixiviado (mL) em cada tratamento proposto, e posteriormente realizado o teste estatístico de comparação de retas ao nível de significância de 5%, assim sendo possível a comparação entre o comportamento dos metais na lixiviação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3 são apresentas as curvas de eluição (de concentração (A) e acumulativa (B)) do cobre (Cu) para os tratamentos considerados.

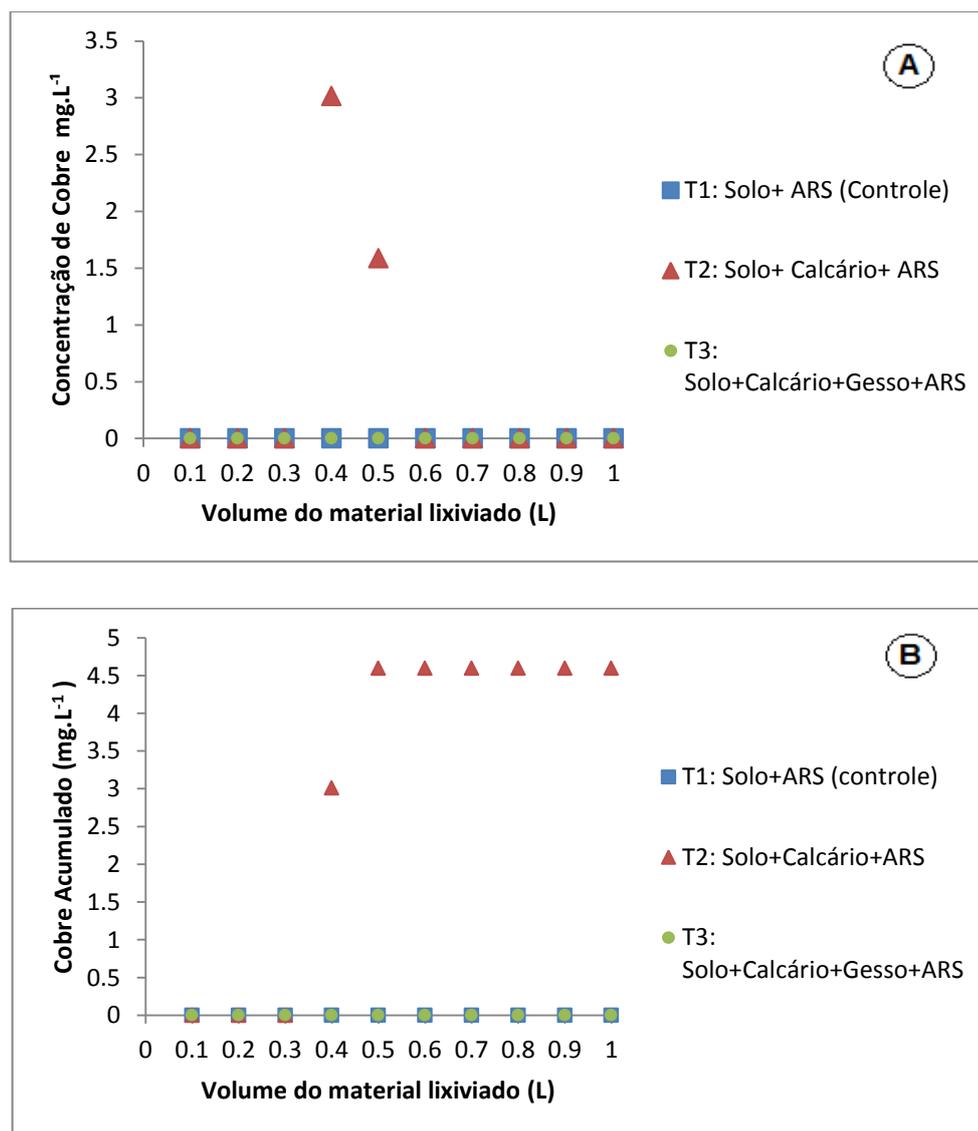


Figura 3 -Curvas de eluição para o Cu. (A) Concentração e (B) Acumulativa.

A lixiviação do cobre não aconteceu nos tratamentos T1 e T3. No tratamento T2 houve uma pequena lixiviação do metal entre os volumes de 0,4 L e 0,5 L lixiviados, assim ocasionando o acúmulo de Cu de 4,60 mg.L⁻¹ a partir do mesmo volume (Figura 1B).

No experimento realizado por Silva (2010), a aplicação do calcário reteve o cobre em camadas superiores, evitando a lixiviação do elemento. A adição do gesso agrícola causou o aumento da lixiviação do Cu, apesar de não ter sido lixiviado em camadas inferiores. Os resultados obtidos pela autora diferem dos desta pesquisa, devido ter sido constatado apenas lixiviação no tratamento T2 (solo + calcário + ARS).

A dinâmica do cobre no solo é de alta complexidade e pode ser afetada por inúmeros fatores do meio, principalmente a composição química, física e mineralógica do solo, a quantidade de matéria orgânica e o pH (McBRIDE; SAUVÉ; HENDERSHOT, 1997).

O resultado apresentado indica a retenção do cobre pelo solo, isto acontece devido o elemento ter uma forte afinidade com a matéria orgânica. McBride (1989) afirma que o metal é imobilizado pelos ácidos húmicos, e à medida que os sítios de ligação fortes ficam saturados, uma quantidade maior é solubilizada pelos ácidos fúlvicos ou por complexos orgânicos mais simples. Para Nogueira (2007) a capacidade da matéria orgânica em reter os íons de Cu, refere-se à quantidade de sítios disponíveis para fazer a ligação com o mesmo. Desta maneira pela necessidade de ter sítios disponíveis para a retenção do Cu, no tratamento T2 pode ter ocorrido a saturação dos sítios e desta maneira ocorreu à lixiviação do metal.

O uso de um solo sem histórico de fertirrigação com ARS nos ensaios, e a aplicação de uma única dose recomendada à cultura do milho, podem ter colaborado para que o solo fosse capaz de reter o metal, não ocorrendo a lixiviação. Para Condé et al. (2012) os efeitos da aplicação de águas residuárias se manifestam após longo período de aplicação no solo.

Outro parâmetro decisivo na dinâmica do cobre no solo é a capacidade de troca catiônica (CTC) de um solo, isso por que a CTC está intimamente ligada às concentrações dos íons trocáveis presentes na solução do solo e aos sítios de troca nas interfaces coloidais do sistema (SODRÉ; LENZI, 2001). Uma elevada CTC proporciona uma maior retenção do metal no solo (RAIJ, 1969). A CTC do solo utilizado no experimento é de $6,46 \text{ cmol.dm}^{-3}$, apesar de não ser um valor elevado e sim médio (segundo análise de laboratório), somado com demais fatores, também pode ter contribuído para a baixa (ou nula) lixiviação do cobre.

De acordo com o IBGE (2007), o solo utilizado neste experimento classifica-se como muito argiloso, o que também pode ter contribuído para a baixa lixiviação

do Cu. Bertol et al. (2010) observou algo semelhante em seu experimento e atribuiu o resultado ao fato do solo ter sido capaz de reter a quase totalidade do Cu proveniente da aplicação da ARS, devido a elevada reatividade desse metal com elementos argilo-minerais e também a elevada CTC do solo.

Os resultados obtidos para o zinco nos tratamentos considerados são mostrados nas curvas de eluição (de concentração e acumulativa) na Figura 4 A e B.

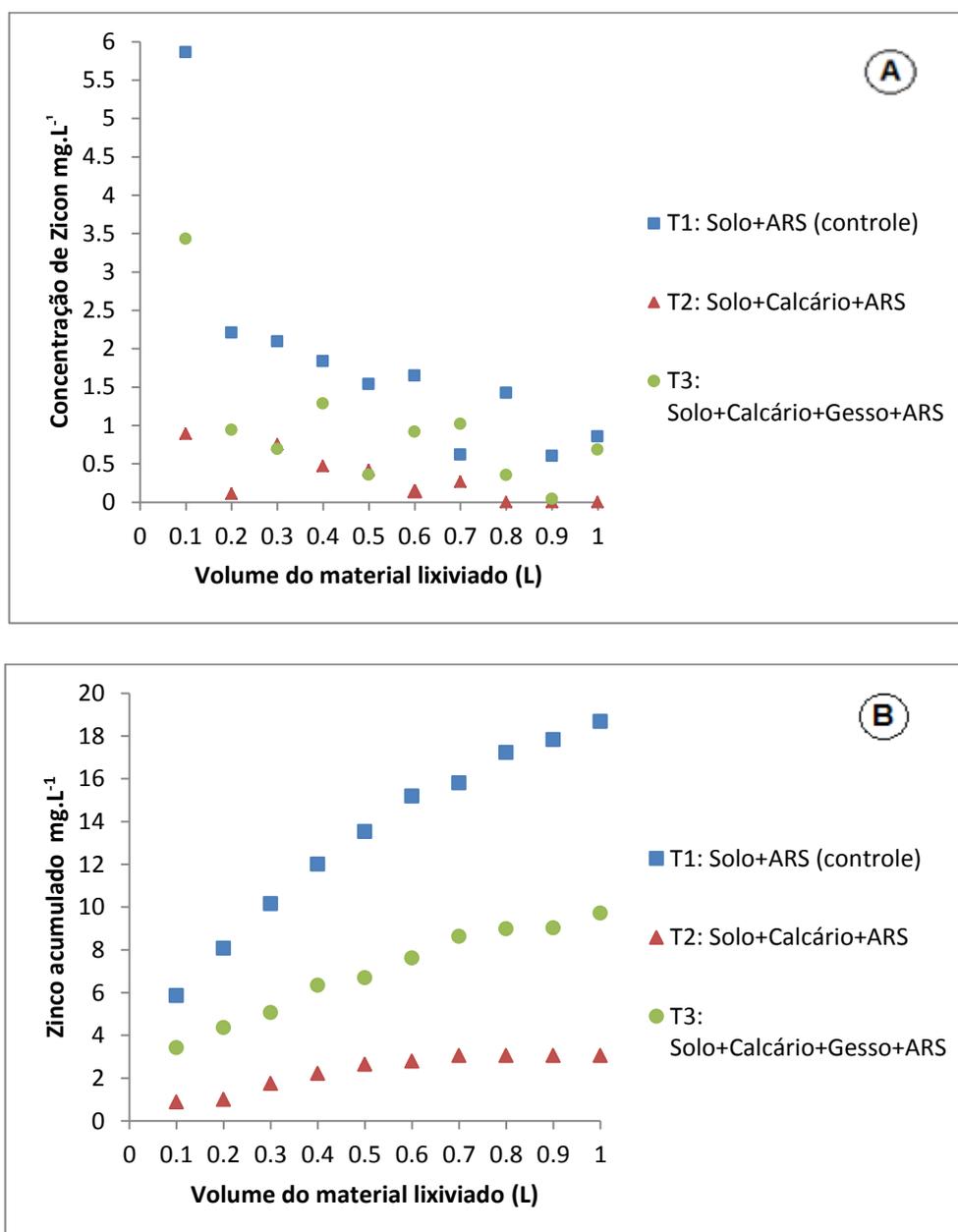


Figura 4 -Curvas de eluição para o Zn. (A) Concentração e (B) Acumulativa.

A lixiviação do zinco aconteceu desde o início do experimento, sendo a maior concentração de lixiviado nos primeiros 100 mL em todos os tratamentos. No tratamento T2 a partir dos 800 mL não houve mais a presença do metal no material lixiviado, diferente dos tratamentos T1 e T3 que apresentaram a lixiviação do Zn até o final do experimento (Figura 4A).

O deslocamento total do zinco foi de 18,6 mg. L⁻¹ no tratamento T1, 3,06 mg. L⁻¹ no tratamento T2 e de 9,7 mg. L⁻¹ no tratamento T3 (Figura 4B). Pela concentração acumulada do metal no tratamento T1, ter sido superior a presente na ARS (9,997 mg. L⁻¹), pode sugerir que ocorreu a lixiviação não apenas do Zn presente na água residuária da suinocultura, mas também do zinco presente no solo.

No tratamento T1 (solo e ARS) o deslocamento do zinco foi o mais elevado. Os resultados obtidos mostram que o solo com a adição de calcário reteve a lixiviação de Zn em relação ao tratamento controle. O tratamento T3, que teve também aplicação de gesso proveniente da construção civil (GCC), apresentou um aumento no deslocamento do Zn em relação ao tratamento T2, mas foi menor que no tratamento T1 (Figura 4B). De acordo com Campos (2010) o pH do solo exerce forte influência na dinâmica dos íons metálicos, sendo estes mais móveis em ambientes de maior acidez, o que pode explicar a maior lixiviação do zinco no tratamento T1, em que o pH do solo era de 5,60 (em H₂O), enquanto dos demais tratamentos (T2 e T3) os valores de pH eram respectivamente de 6,95 e 6,75. O maior deslocamento do zinco no tratamento T3 em relação ao tratamento T2 deve-se ao fato do gesso ser um sal solúvel que penetra mais facilmente no perfil do solo, e assim aumenta a capacidade dos nutrientes do solo percolarem para camadas subsuperficiais (RAIJ, 2008).

Na Tabela 4 são apresentados os resultados obtidos no teste estatístico de comparação entre as retas para os valores de zinco lixiviado acumulado. Observa-se que as variâncias obtidas entre os tratamentos T1 e T2 e tratamentos T1 e T3 foram diferentes (teste F), concluindo que as retas são diferentes. Os tratamentos T2 e T3 apresentaram variâncias iguais (teste F), mas diferentes angulações (teste T). O nível de diferença apresentado entre as retas foi de 5% de significância. O teste estatístico para o cobre não foi possível de se realizar, devido não haver concentração do metal nos lixiviados dos tratamentos T1 e T3 e no tratamento T2 o valor da concentração ser baixo.

Tabela 4 - Teste de comparação dos coeficientes angulares e lineares das retas dos tratamentos a 5% de significância.

Tratamento	S ²	β	Teste F (S ²)	Teste T (β)
T1	0,70	14,071	5,67 _{F1} > 3,438 _F	-
T2	0,1235	7,072		
T1	0,70	14,071	4,52 _{F1} > 3,438 _F	-
T3	0,155	2,6102		
T2	0,1235	7,072	1,255 _{F1} < 3,438 _F	-59,5t ₁ > 2,12 _{tc}
T3	0,155	2,6102		

S²: quadrado médio residual; β: coeficiente angular; F1: valor de F calculado; F: ponto crítico da tabela F-Snedecor; t1: valor de t calculado; tc: valor crítico da tabela t-Student bicaudal.

Na Tabela 5 são apresentadas as equações de regressão ajustadas para os valores de zinco lixiviado acumulado, demonstrando diferença significativa entre os tratamentos. Os coeficientes de determinação obtidos para todas as retas foram significativos ao nível de 5% de significância ($p < 0,05$).

Tabela 5- Equações de regressão ajustadas para os valores de Zn acumulado

Tratamento	Equação ¹	R ²	p-valor
T1	y=14,071x + 5,6992 (a)	0,9669	0,000
T2	y= 7,072x + 3,1042(b)	0,9708	0,000
T3	y= 2,6102x + 0,9207 (c)	0,8505	0,000

As equações seguidas de diferentes letras, diferem entre si ao nível de 5% de significância.

A concentração dos íons de Zn no material percolado após o ensaio de lixiviação apresentou a seguinte ordem: T1 > T3 > T2, indicando que a presença de calcário no solo retém a mobilidade do metal e o resíduo de gesso da construção civil aumenta a capacidade de mobilidade no perfil do solo em relação ao uso apenas do calcário.

Silva (2010), em sua pesquisa constatou que a adição de calcário, retém o zinco no solo, sendo o mesmo comportamento observado no tratamento T2 deste estudo. Porém a autora obteve resultado contrário ao tratamento T3, já que a mistura de calcário e gesso agrícola não ajudou na retenção de zinco, quando comparado ao tratamento controle.

Os resultados obtidos neste trabalho corroboram com a recomendação feita por Caires et al. (2004) de aplicar-se o gesso agrícola em combinação com o

calcário, a fim de se evitar a perda excessiva de nutrientes pelo processo da lixiviação.

Observando as Figuras 3 e 4 percebe-se que houve maior lixiviação do metal pesado zinco em relação ao cobre, corroborando com resultado encontrado por Girotto et al. (2010). O autor atribui esse acontecimento à menor afinidade do Zn pelos grupos funcionais da matéria orgânica das partículas de tamanho coloidal presentes nos solos, desta maneira a migração de Zn no perfil do solo passa a ser muito mais intensa do que a do Cu. Oliveira et al. (2010) mostra a ordem pelo fator de retardamento dos metais pelo solo: $Cr > Cu > Pb > Ni > Zn > Cd$.

Somando a maior afinidade do Cu com a matéria orgânica, os complexos formados por este elemento são mais estáveis do que o zinco. Enquanto os complexos do cobre permanecem estáveis até pH 4,0, aqueles formados pelo Zn são menos estáveis em pH abaixo de 6,0 (STEVENSON¹, 1982; TACK, 2010;). A maior estabilidade do cobre pode ter interferido no maior deslocamento do Zn no experimento.

O tipo e as características do solo também são atributos que podem ter influenciado na quantidade de lixiviação dos metais pesados em estudo. Scherer, Nesi e Massotti (2010) constataram em seu estudo que ambos os metais (Cu e Zn) apresentaram menor mobilidade em Latossolo do que em Neossolo e Cambissolo.

Serafim et al. (2012) observaram o comportamento dos cátions Mg^{2+} , K^+ , Ca^{2+} e do ânion SO_4^{2-} e notaram o aumento da lixiviação destes íons em solo sob a aplicação de gesso agrícola. Soratto e Crusciol (2008) notaram que a calagem reduziu as perdas de magnésio provocadas pela adição de gesso agrícola, fato também observado neste estudo, quando analisada a lixiviação de zinco. Já Favaretto et al. (2008) observaram comportamento contrário para a lixiviação de fósforo e potássio em solo cultivado com milho e adição de gesso agrícola.

O uso do resíduo de gesso proveniente da construção civil em conjunto com o calcário calcítico, mostrou-se benéfico já que possibilitou o aumento da lixiviação do zinco, indicando maior mobilidade do metal pelo perfil do solo e conseqüentemente possibilitando o transporte deste micronutriente as raízes das plantas.

Por outro lado, o uso do gesso deve ser manejado com cuidado já que doses elevadas no solo podem ocasionar o aumento da lixiviação de macro e micronutrientes, somando com o acúmulo de cobre e zinco (micronutrientes),

provenientes de sucessivas aplicações da água residuária da suinocultura, pode ocasionar o aumento da lixiviação destes elementos e assim causar a contaminação de águas subterrâneas.

Além de aumentar a mobilidade dos íons, Fagundes (2012) mostra que o uso de resíduo de gesso da construção civil é viável como uma fonte alternativa de macronutrientes ao ser adicionado em fertilizantes mistos. Entretanto a autora destaca a necessidade do gerenciamento e monitoramento adequados do resíduo, para evitar o uso de resíduos contaminados com tintas, óleos e outros componentes, visto que, estes podem alterar a qualidade do material, inviabilizar o reaproveitamento e ocasionar a contaminação do solo

O conhecimento da dinâmica de elementos no solo, em que se utilizam dejetos de suínos como fertilizante possibilita estabelecer estratégias para corrigir distorções nos sistemas de produção, visando uma maior sustentabilidade ambiental (SCHERER; NESI; MASSOTTI, 2010).

6 CONCLUSÕES

A aplicação da dose de água residuária da suinocultura recomendada para a cultura do milho, aliados ao fato do solo utilizado não possuir histórico de aplicação de ARS contribuíram para que não ocorresse a lixiviação de Cu e Zn em teores significativos.

A lixiviação do cobre (Cu) ocorreu apenas na presença de calcário calcítico.

A correção da acidez do solo com o calcário influenciou para a retenção de Zn no solo. A aplicação do gesso da construção civil favoreceu a lixiviação do zinco em relação ao uso apenas do calcário. E o uso combinado de calcário e gesso no solo diminuíram a lixiviação do Zn quando comparado ao tratamento de controle.

O resíduo do gesso de construção civil apresentou comportamento semelhante ao gesso agrícola, mostrando ser uma alternativa para a disposição final do resíduo, se manejado corretamente.

Para determinação da possibilidade de contaminação de águas subterrâneas pela presença de cobre e zinco em áreas que utilizam a ARS, calcário e gesso (agrícola ou resíduo da construção civil) recomenda-se a continuidade dos estudos de lixiviação com maiores profundidades de solo e com sucessivas aplicações de água residuária da suinocultura.

REFERÊNCIAS

ABCS – Associação Brasileira de Criadores de Suínos. **Manual brasileiro de boas práticas agropecuárias na produção de suínos**. Brasília. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 1 ed.. 143 f., 2011. Disponível em: <<http://www.abcs.org.br/images/stories/pdf/manual-boas-praticas-suino-web.pdf>>. Acesso em: 26 dez. 2013.

ANDRADE, Maurício G. de; MELO, Vander de F.; SOUZA, Luiz C. de P.; GABARDO, Juarez; REISSMANN, Carlos B. Metais pesados em solos de área de mineração e metalurgia de chumbo. II - formas e disponibilidade para plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.33, n.6, p.1889-1898, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832009000600038>. Acesso em: 29 dez. 2013.

APHA/AWWA/WEF. **American Public Health Association (1998) Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20 ed, Washington, 1.193 p.

ARAÚJO, Edson A. de; KER, João C.; NEVES, Júlio C. L.; LANI, João L. Qualidade do solo: conceitos indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada na Ciências Agrárias. Guarapuava**, v.5, n.1, p.187-206, 2012. Disponível em: <<http://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/viewFile/PAeT.V5.N1.12/1685>>. Acesso em: 27 dez. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL. **Resíduo de gesso na construção civil: Coleta, armazenagem e reciclagem**. São Paulo. 2012. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/img/meioambiente/22.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2014.

BARTHEL, Lígia; COSTA, Rejane H. R.; OLIVEIRA, Paulo A. V. de; **Lagoas de alta taxa, maturação e aguapés em sistema de tratamento de dejetos suínos: avaliação de desempenho e dinâmica planctônica**. 2007. 175 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental). Programa de Pós- Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/89769/244781.pdf?sequence=1>>. Acesso em 26 dez. 2013.

BELCHIOR, Ernandes B; SOUSA, Tito C. R.; MOREIRA, J. M. M. A. P.; AGUIAR, Jozeneida L. P. de; TEIXEIRA, Luciene P. Avaliação dos impactos do uso de gesso agrícola na cultura de soja em algumas áreas do cerrado. **Documentos 297**. Planalina, DF. 2010. Embrapa Cerrados. Disponível em: <www.cpac.embrapa.br/download/1923/t>. Acesso em: 24 jul. 2014.

BERTOL, Oromar J.; FEY, Emerson; FAVARETTO, Nerilde; LAVORANTI, Osmir J.; RIZZI, Nivaldo E. Mobilidade de P, Cu e Zn em colunas de solo sob sistema de semeadura direta submetido às adubações mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 34, n. 6, nov/dez. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832010000600008>. Acesso em 8 jul. 2014.

BERTONCINI, Edna I. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**. São Paulo, p. 152-169. Jun. 2008. Disponível em: <http://www.dge.apta.sp.gov.br/publicacoes/T&IA/T&IAv1n1/Revista_Apta_Artigo_118.pdf>. Acesso em: 26 Dez. 2013.

BOLZANI, Hugo R.; OLIVEIRA, Darlene L. do A.; LAUTENSCHLAGER, Sandro R. Efeito da aplicação de água residuária de suinocultura no solo e na qualidade dos seus lixiviados. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. Maringá, v.17, n. 4, p.385-392, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v17n4/v17n4a05.pdf>>. Acesso em: 29 dez. 2013.

BORIN, Ana L. D. C.; FERREIRA, Gilvan B.; SMIDERLE, Oscar J.; OLIVEIRA JÚNIOR, Moisés C. M. de; BOGIANI, Julio C.; BARBOSA, Rárisson F. R.; SOUZA, Fernando G. de. Correção da acidez superficial e subsuperficial do solo para o cultivo do algodoeiro no cerrado de Roraima. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 8., COTTON EXPO, 1., 2011, São Paulo. **Anais ...** Campina Grande. Evolução da cadeia para a construção de um setor forte, Embrapa Algodão, 2011, p. 1536-1543. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/941440/1/NUT030Poster.167.pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2014.

BORTOLON, Leandro; GIANELLO, Clesio. Disponibilidade de cobre e zinco em solos do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.33, n.3, p. 647-658, jun. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n3/v33n3a17.pdf>>. Acesso em: 26 dez. 2013.

CAIRES, E. F. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Ponta Grossa, v. 28, n.1, p. 125-136, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v28n1/a13v28n1.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2014.

CAMPOS, Milton C. C. Atributos dos solos e riscos de lixiviação de metais pesados em solos tropicais. **Ambiência**, Guarapuava, v. 6, n.3, p. 547 - 565, set./dez. 2010. Disponível em: <<http://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/591/1154>>. Acesso em: 8 jul. 2014.

CABRAL, Juarez R.; FREITAS, Paulo S. L. de; REZENDE, Roberto; MUNIZ, Antonio S.; BERTONHA, Altair. Impacto da água residuária de suinocultura no solo e na produção de capim-elefante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.15, n.8, p.823-831, ago. 2011. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n8/09.pdf>>. Acesso em: 26 dez. 2013.

CAVIGLIONE, João H.; KIIHL, Laura R. B.; CARAMORI, Paulo H.; OLIVEIRA, Dalziza. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina. 2000. IAPAR. Disponível em: < <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677> >. Acesso em: 22 jul. 2014.

CONDÉ, Marisa S.; HOMEM, Bruno G. C.; ALMEIDA NETO, Onofre B. de; SANTIAGO, Alberto M. F. Influência da aplicação de águas residuárias de criatórios de animais no solo: atributos químicos e físicos. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**. Rio Pomba, v. 2, n. 1, p. 99- 106, jul. 2012. Disponível em:< http://www.rbas.com.br/pdf/revista_1_artigo_13.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2014.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 307, de 17 de julho de 2002**. Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, DF, 2002. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html> >. Acesso em: 14 jul. 2014.

DERAL. Departamento de Economia Rural. Edmar Wardensk Gervásio. **Suinocultura – Análise da Conjuntura Agropecuária**. fev. 2013. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/SuinoCultura_2012_2013.pdf>. Acesso em: 9 dez. 2013.

DIAS, Nuno. Cultura do milho. **Informações Técnicas**. São Miguel, 2007. Disponível em: < <http://www.aasm-cua.com.pt/definf.asp?ID=14>>. Acesso em: 11 jul. 2014.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisas de Solos (1997). 2.ed. Rio de Janeiro, 212 p.

_____. Tecnologias de Produção de Soja. **Sistema de Produção**, Londrina, n.1, 2004 Embrapa Soja, 2004. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/producaosojaPR/fertilidade.htm>>. Acesso em: 28 dez. 2013.

____. Glossário. **Sistema de Produção**, Santo Antônio de Goiás, n. 5, dez. 2005. Embrapa Arroz e Feijão. Disponível em: <
<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoIrrigadoNoroesteMG/glossario.htm>>. Acesso em: 29 dez. 2013.

____. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Paraná**. Escala 1:250.000. 2007.

FAGERIA, Nand K.; STONE, Luís F. Qualidade do solo e meio ambiente. **Documentos**. Santo Antônio de Goiás, n.197, 35p., nov. 2006. Embrapa Arroz e Feijão, 2006. Disponível em: <
http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAP/25088/1/doc_197.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2013.

FAGUNDES, Sônia C. **Resíduo de gesso: alteração na legislação e destinação alternativa como fonte de macronutrientes em fertilizantes**. 2012. 48 f. TCC (Bacharel em Engenharia Ambiental). Centro Universitário La Salle. 2012. Disponível em: <
http://biblioteca.unilasalle.edu.br/docs_online/tcc/graduacao/engenharia_ambiental/2012/scfagundes.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2014.

FAVARETTO, N; NORTON, L. D.; BROUDER, S. M.; JOERN, B. C. Gypsum amendment and exchangeable calcium of intensive nutriente extraction. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 173, n. 2, p. 108-118, 2008.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V. GUILHERME, L. R. GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo**. Lavras. Editora UFLA/FAEPE, 2001.;

GIROTTTO, Eduardo. **Cobre e zinco no solo sob uso intensivo de dejetos líquido de suínos**. 2007. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo). Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2007. Disponível em: <
http://w3.ufsm.br/ppgcs/disserta%E7%F5es%20e%20teses/Disserta%E7%E3o_Eduardo%20Girottto.pdf>. Acesso em: 26 dez. 2013.

____.; CERETTA, Carlos A.; BRUNETTO, Gustavo; SANTOS, Danilo R. dos; SILVA, Leandro S. da; LOURENZI, Rogério; LORENSINI, Felipe; VIEIRA, Renan C. B.; SCHMATZ, Roberta. Acúmulo e formas de cobre e zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquido de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 34, n. 3, mai./jun. 2010. Disponível em: <
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832010000300037>. Acesso em: 10 jul. 2014.

HACK, E. C.; SATURINO, P. M. F. da C.; MEINERZ, C. C.; NACKE, H.; ASSI, L.; GONÇALVES, JR, A. C. Geração de resíduos provenientes da suinocultura na região oeste do paraná: um caso de insustentabilidade. **Revista Scientia Agraria Paranaensis**. Cascavel. v.10, n.2, p. 21-36. abr. 2011. Disponível em: < <http://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/5534/4167>>. Acesso em: 26 dez. 2013.

HIGARASHI, Martha M.; CODEBELLA, Arlei; OLIVEIRA, Paulo A. V. de; KUNZ, Airton; MATTEI, Rosemari, M.; SILVA, Virgínia S.; AMARAL, Armando L. do. Concentra o de macronutrientes e metais pesados em maravalha de unidade de suínos em cama sobreposta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.12, n.3, p.311-317, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v12n3/v12n03a13.pdf>>. Acesso em: 26 dez. 2013.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGR FIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de pedologia**. Diret ria de Geociências. (2007). 2 ed. Rio de Janeiro, 316 p.

LYRA SOBRINHO, Ant nio. C. P.; AMARAL, Ant nio. J. R. do, DANTAS, José. O. C., DANTAS, José. R. A. Gipsita. **Balanço Nacional Brasileiro 2001**. Departamento nacional de produ o mineral, 2001, p. 1-23. Brasília, DF, 2001. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriadocumento/balancomineral2001/gipsita.pdf>. Acesso em: 1 ago. de 2014.

LOPES, Cinthia F.; TAMANINI, Cristina R.; SERRAT, Beatriz M.; LIMA, Marcelo R. de. **Acidez do solo e calagem**. Projeto de extensão Universitária Solo Planta. Curitiba, 2002. Disponível em: < <http://www.soloplan.agrarias.ufpr.br/acidez.htm> >. Acesso em 28 dez. 2013.

LOPES, Alfredo S.; SILVA, Marcelo de C.; GUILHERME, Luiz R. G. Acidez do solo e calagem. **Boletim Técnico**. São Paulo. n.1, 17 p., 1991. ANDA. Disponível em: < http://www.anda.org.br/multimidia/boletim_01.pdf>. Acesso em 1 jul. 2014.

MAIA, Celsemy E. Qualidade ambiental em solo com diferentes ciclos de cultivo do meloeiro irrigado. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.43, n.4, p;603-609, 2013. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/cr/v43n4/a11413cr6051.pdf>>. Acesso em 27 dez. 2013.

MARTINS, Camila A. da S.; NOGUEIRA, Nati lia O.; RIBEIRO, Paulo H.; RIGO, Michelle M.; CANDIDO, Amarilson de O. A dinâmica de metais-traço no solo. **Revista Brasileira de Agrociência. Pelotas**, v.17, n.3-4, p.383-391, 2011. Disponível em: < <http://www2.ufpel.edu.br/faem/agrociencia/v17n3/artigo12.pdf> >. Acesso em: 29 dez. 2013.

McBRIDE, M. B. Reactions controlling heavy metal solubility in soils. **Advances in Soil Science**, v. 10, p. 1-47, 1989.

McBRIDE, M. B.; SAUVÉ, S.; HENDERSHOT, W.; Improvement of ^{13}C and ^{15}N CPMAS NMR spectra of bulk soils, particle size fractions and organic material by treatment with 10% hydrofluoric acid. **European Journal of Soil Science**. v. 48, n.2, p. 319-328, jun. 1997.

MENEGHETTI, Adriana M. **Aspectos ambientais e agronômicos da cultura do minimilho sob aplicação de água residuária de suinocultura tratada após lagoa de estabilização**. 2010. 241f. Tese (Doutorado e Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2010. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/tede/tde_arquivos/1/TDE-2011-03-14T184150Z-543/Publico/Adriana%20Maria%20Meneghetti.pdf>. Acesso em: 4 jan. 2014.

NOGUEIRA, Patrícia F. M.; **Interação entre a matéria orgânica natural, o cobre e microorganismos heterotróficos: implicações na dinâmica do metal e sua disponibilização para a biota aquática**. 2007. 175 f. Tese (Doutorado em Ciências). Centro de ciências biológicas e da saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007. Disponível em: <http://www.bdt.d.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado/tde_arquivos/2/TDE-2007-05-09T12:29:31Z-1414/Publico/TesePFMN.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2014.

NOVAIS, Roberto F.; ALVAREZ V. Vitor H.; BARROS, Nairam F. de; FONTES, Renildes L. F.; CANTARUTTI, Reinaldo B.; NEVES, Júlio C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007.

OLIVEIRA, Fábio A. de; SFREDO, Gedi J.; CASTRO, César de; KLEPKER, Dirceu. Fertilidade do solo e nutrição da soja. **Circular Técnica**. Londrina, n. 20, 8 p., 2007: Embrapa Soja. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/download/cirtec/circtec50.pdf>>. Acesso em: 1 jul. 2014.

OLIVEIRA, Fernando C.; MATTIAZZO, Maria E. Mobilidade de metais pesados em um latossolo amarelo distrófico tratado c, n.om lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**. Piracicaba, v.58, n.4, p.807-812, 2001. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/sa/v58n4/6302.pdf>>. Acesso em: 29 dez. 2013.

OLIVEIRA, Itamar P. de; SANTOS, Alberto B. dos; COSTA, Kátia A. P. Produção de sementes sadias de feijão comum em várzeas tropicais. **Sistema de Produção**, Santo Antônio de Goiás, n.4, dez 2004 Embrapa Arroz e Feijão. Disponível em: <

http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoVarzeaTropical/correcao_acidez_solo.htm>. Acesso em: 27 dez. 2013.

OLIVEIRA, Luiz F. C.; CASTRO, Mara L. L. de; RODRIGUES, Cristiane; BORGES, Jácomo D. Isotermas de sorção de metais pesados em solos do cerrado de Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 7, jul. 2010. Disponível em: <
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662010000700014>. Acesso em: 10 jul. 2014.

RAIJ, Bernardo v. A capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral em solos. **Bragantia**, Campinas, v. 28, n. 8, p. 85-112, mar. 1969. Disponível em: <
<http://www.scielo.br/pdf/brag/v28nunico/08.pdf>>. Acesso em 8 jul. 2014.

_____. Gesso na agricultura. **Informações Agronômicas**, Campinas, n.122, p. 26-27, jun. 2008. Disponível em: <
[http://www.ipni.net/ppiweb/brazil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/d20fb44d85259bf7032572530062870e/\\$FILE/Page26-27-122.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/brazil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/d20fb44d85259bf7032572530062870e/$FILE/Page26-27-122.pdf) >. Acesso em 10 jul. 2014.

RONQUIM, Carlos C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Campinas, n. 8, 26 p., nov. 2010: Embrapa Monitoramento por Satélite. Disponível em: <
http://www.cnpm.embrapa.br/publica/download/bpd_8.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2013.

SAMPAIO, Silvio C.; FIORI, Marciane G. S.; OPAZO, Miguel, A. U.; NÓBREGA, Lúcia H. P. Comportamento das formas de nitrogênio em solo cultivado com milho irrigado com água residuária da suinocultura. **Revista Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.30, n.1, p. 138-149, fev. 2010. Disponível em:
<<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v30n1/a15v30n1.pdf>>. Acesso em: 26 dez. 2013.

SANTIAGO, Antonio; ROSSETO, Rafaella. D. Cana-de-açúcar: calagem. **Árvore do Conhecimento**. Brasília, DF. 2011. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: < http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_34_711200516717.html >. Acesso em 12 jul. 2014.

SCHERER, Eloi E.; NESI, Cristiano N.; MASSOTTI, Zemiro. 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,jul./ago. 2010. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832010000400034&script=sci_arttext>. Acesso em: 22 jul. 2014.

SERAFIM, Milson E.; LIMA, José M. de; LIMA, VICO M. P.; ZEVIANI, WALMES, M.; PESSONI, Patrícia T. Alterações físico-químicas e movimentação de íons em Latossolo gibbsítico sob doses de gesso. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 1, p.75-81,

2012. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/brag/v71n1/aop_801_12.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2014.

SERRAT, Beatriz M.; LIMA, Marcelo R. de; GARCIAS, Carla E.; FANTIN, Eliane R.; CARNIERI, Iolanda M. R.S. A.; PINTO, Lausane S. **Conhecendo o solo**. Curitiba. UFPR. 2002. Disponível em: <<http://www.youblisher.com/p/647492-Conhecendo-o-solo/>>. Acesso em: 9 dez. 2013.

SFREDO, Gedi J.. Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral. **Documentos**, Londrina, n. 305, 148 p., set. 2008: Embrapa Soja. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/download/Doc305.pdf>>. Acesso em: 27 dez. 2013.

SILVA, Andreia A. F. da. **Parâmetro quantitativo e qualitativo do percolado e do solo no cultivo do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)** adubado com dejetos de suínos. 2013. 79 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação *Stricti Sensu* em Energia na Agricultura, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel. 2013. Disponível em: < http://projetos.unioeste.br/pos/media/Dissertacao_Andreia_A_F_da_Silva.pdf >. Acesso em: 29 dez. 2013.

SILVA, Cicero J. da; SILVA, Cesar A. da; GOLINSKI, Janete; FREITAS, Carlos A. de; CASTRO, Yuri de O. Adição de gesso agrícola e cinza de madeira ao substrato no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Deg.*). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Mossoró, v. 8, n. 2, p. 72-76, abr/jun, 2013. Disponível em: < http://gvaa.org.br/revista/index.php/RVADS/article/viewFile/1362/pdf_686>. Acesso em: 14 jul. 2014.

SILVA, Elayne C. da. **Mobilidade de íons em um cambissolo haplico alumínico submetido a aplicação de calcário e gesso agrícola**. 2010. 91 f. Dissertação (Mestrado em Química Aplicada) – Programa de Pós-Graduação em Química Aplicada, Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2010. Disponível em: <http://bicen-tede.uepg.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=609>. Acesso em: 4 jan. 2014.

SILVA, Martin F. da. **Emprego de gesso na construção civil: a sistematização da gestão de resíduos da pasta de gesso, gesso acartonado e placas de gesso**. 2013. 60 f. TCC (Diplomação em Engenharia Civil). Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2013. Disponível em: < <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/78222/000896894.pdf?sequence=1> >. Acesso em: 14 jul. 2014.

SMANHOTTO, Adriana; SOUSA, Antônio de P.; SAMPAIO, Silvio C.; NOBREGA, Lúcia H. P.; PRIOR, Maritane. Cobre e zinco no material percolado e no solo com a aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.2, p.346-357, mar/abr.2010. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v30n2/v30n2a17.pdf>>. Acesso em: 26 dez. 2013.

SODRÉ, Fernando F.; LENZI, Ervim; COSTA, Antonio C. S. da. Utilização de modelos físico-químicos de adsorção no estudo do comportamento do cobre em solos argilosos. **Revista Química Nova**, Maringá, v. 24, n. 3, p. 324-330, 2001. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/qn/v24n3/a08v24n3.pdf>>. Acesso em: 8 jul. 2014

SORATTO, Rogério P.; CRUSCIOL, Carlos A. C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2 mar./abr. 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000200022>. Acesso em 22 jul. 2014.

SOUSA, Djalma M. G. de; LOBATO, Edson; REIN, Thomaz A. Uso de Gesso Agrícola nos Solos do Cerrado. **Circular Técnica** Planaltina, DF, n. 32, 19 p., 2005: Embrapa Cerrado. Disponível em: < www.cpac.embrapa.br/download/15/t >. Acesso em: 28 dez. 2013.

TACK, Filip. M. G. Trace elements: general soil chemistry, principles and processes. In: _____. **Trace elements in soils**. Chichester: Wiley-Blackweel, 1 ed, p.9-37. 2010.