

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

CLEITON LUIZ TABOLKA

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO E DESEMPENHO DE
CULTURAS APÓS QUATRO ANOS DE APLICAÇÕES DE CAMA
DE AVIÁRIO EM DIFERENTES ÉPOCAS E NÍVEIS**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2016

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

CLEITON LUIZ TABOLKA

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO E DESEMPENHO DE
CULTURAS APÓS QUATRO ANOS DE APLICAÇÕES DE CAMA
DE AVIÁRIO EM DIFERENTES ÉPOCAS E NÍVEIS**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2016

CLEITON LUIZ TABOLKA

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO E DESEMPENHO DE
CULTURAS APÓS QUATRO ANOS DE APLICAÇÕES DE CAMA
DE AVIÁRIO EM DIFERENTES ÉPOCAS E NÍVEIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Luís César Cassol

PATO BRANCO

2016

T114c Tabolka, Cleiton Luiz.
Características químicas do solo e desempenho de culturas após quatro
anos de aplicações de cama de aviário em diferentes épocas e níveis /
Cleiton Luiz Tabolka. -- 2016.
75 f. : il. ; 30 cm.

Coorientador: Prof. Dr. Luís César Cassol
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, PR, 2016.
Bibliografia: f. 68 – 75.

1. Grãos - Rendimento. 2. Fertilidade do solo. 3. Solos - Análise. I.
Cassol, Luís César, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDD (22. ed.) 630



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO
Título da Dissertação n° XXX

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO E DESEMPENHO DE
CULTURAS APÓS QUATRO ANOS DE APLICAÇÕES DE CAMA
DE AVIÁRIO EM DIFERENTES ÉPOCAS E NÍVEIS**

por

CLEITON LUIZ TABOLKA

Dissertação apresentada às 14 horas 00 min. do dia 31 de Março de 2016 como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Produção Vegetal, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos membros abaixo designados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho Aprovado.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Paulo Fernando Adami
UTFPR-Dois Vizinhos

**Prof. Dra. Tangriani Simioni
Assmann**
UTFPR- Pato Branco

Prof. Dra. Joice Mari Assmann
IAPAR- Pato Branco

Prof. Dr. Luís César Cassol
UTFPR- Pato Branco
Orientador

Prof. Dr. Giovanni Benin
Coordenador do PPGA

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Programa”

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida e da sabedoria.

Ao apoio da minha família, que inclui minha mãe Eva Cassol Tabolka, meu pai Luiz Tabolka, meu Irmão Cleverson Dinis Tabolka, e as irmãs Cristiane Elisa Tabolka e Carmem Eliesi Tabolka, pelo apoio e insistência para que eu me dedicasse e fizesse faculdade, por todo apoio financeiro, espiritual e emocional em todos esses anos de minha caminhada. Também a minha mulher Edinéia Ramos pelo apoio, confiança e amor sempre demonstrado a mim. Muito obrigado!

Ao meu orientador, Prof. Dr. Luís César Cassol, pelo apoio e confiança depositados em mim, e pelos conhecimentos sempre transmitidos durante toda graduação e pós-graduação, juntamente com os membros da banca pelas colaborações que enriqueceram essa dissertação.

Aos colegas de turma pelo apoio. Aos colegas do Laboratório de Solos, que me ajudaram na realização do experimento, nos cuidados e nas avaliações, obrigado pelo apoio e ajuda.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, por oferecer ensino gratuito e de qualidade.

“Não existe limite atingível para o que pode ser aprendido ou para como esta sabedoria pode ser colocada em prática”

Vernon I. Cheadle

RESUMO

TABOLKA, Cleiton Luiz. Características Químicas do Solo e Desempenho de Culturas Após Quatro Anos de Aplicações de Cama de Aviário em Diferentes Épocas e Níveis. 76 folhas. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

Em função de alta oferta a custo atrativo, a cama de aviário vem sendo utilizada na região sudoeste do Paraná para a melhoria da fertilidade do solo visando maior produção de grãos e pastagens. No entanto, o seu uso sem conhecimento técnico pode minimizar os benefícios da cama ou até provocar efeitos indesejáveis no solo, poluição ambiental e perdas de produtividade nas culturas utilizadas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes épocas de aplicação de cama de aviário, antecedendo a cultura de inverno, associada a níveis crescentes, sobre características químicas do solo, liberação de nutrientes e desempenho de culturas em quatro anos consecutivos (2011 a 2014). Nos três primeiros anos o delineamento experimental foi de blocos ao acaso com parcela subdividida e quatro repetições. Nas parcelas principais foram testadas quatro épocas de aplicação de cama de aviário antecedendo a cultura do trigo: 0, 15, 30 e 45 dias antes da semeadura (DAS); nas subparcelas aplicaram-se quatro níveis de cama de aviário (base úmida): 0, 4, 8 e 12 Mg ha⁻¹. No último ano fez-se mais uma subdivisão das parcelas, avaliando-se o uso ou não de nitrogênio em cobertura no trigo, na dose de 100 kg de N ha⁻¹. A cultivar de trigo usada nos quatro anos foi a BRS 220. Em três anos se avaliou o efeito residual sobre a cultura da soja (cultivar BMX Turbo RR) e em um ano sobre o feijão. Foram avaliados os atributos químicos do solo em quatro profundidades (0-2,5cm, 2,5-5cm, 5-10cm e 10-20cm), a taxa de decomposição e de liberação dos nutrientes da cama de aviário (usando litter bags e somente no último ano do estudo) e a produtividade das culturas. As diferentes épocas de aplicação da cama de aviário tiveram pouca influência sobre as variáveis estudadas, demonstrando que o produtor não necessita se deter a uma época (antes do plantio) para fazer a aplicação da cama de aviário. O potássio foi totalmente liberado 60 dias após a alocação dos litter bags a campo; para o nitrogênio e fósforo a liberação foi mais lenta. O uso de níveis crescentes de cama de aviário aumentou os teores de vários elementos do solo, com destaque para o potássio que atingiu os 20 cm de profundidade já no segundo ano de avaliação. O aumento de pH e saturação por bases se deu apenas nas camadas mais superficiais, enquanto o fósforo chegou aos 10 cm de profundidade no terceiro ano do estudo. O uso de doses crescentes de cama de aviário contribuiu na nutrição das plantas de trigo aumentando significativamente o peso de mil grãos e o rendimento de grãos de trigo em todos os anos avaliados; a adubação nitrogenada em cobertura também teve efeito significativo para o quarto ano avaliado. Também ocorreu resposta significativa do efeito residual da cama de aviário para as culturas implantadas no verão, tanto para a soja quanto para o feijão.

Palavras-chave: Rendimento, fertilidade, efeito residual.

ABSTRACT

TABOLKA, Cleiton Luiz. Soil Chemical Characteristics, and Crop Performance After Four Years of Poultry Litter Application at Different Times and Levels. 69 pages. Dissertation (Masters in Agronomy) - Postgraduate Program in Agronomy (Concentration Area: Plant Production), Federal Technological University of Parana. Pato Branco, 2016.

Due to the high supply and its attractive cost, the poultry litter has been used in the southwestern region of Parana to the improvement of soil fertility seeking greater production of grains and pastures. However, the use without technical knowledge can minimize the benefits of poultry litter or even cause undesirable effects on soil, environmental pollution and also productivity losses in the used crops. The objective of this study was to evaluate the influence of different times of poultry litter application, predating the winter crop, associated with increasing levels, about soil chemical properties, release of nutrients and crop performances in four consecutive years (2011-2014). In the first three years the experimental design was randomized blocks with a split plot system and four replications. In the main plots were tested four poultry litter application times preceding the wheat production: 0, 15, 30 and 45 days before sowing (DAS); in the subplots were applied four poultry litter levels (wet basis): 0, 4, 8 and 12 Mg ha⁻¹. Last year one more subdivision of plots was done, evaluating the use or not of nitrogen in coverage in wheat, at a dose of 100 kg N ha⁻¹. The wheat cultivar used in the four years was the BRS 220. In three years it was evaluated the residual effect on soybean production (cultivar - BMX Turbo RR) and in one year on the beans. The chemical soil attributes were evaluated at four depths 0-2,5cm, 2,5-5cm, 5-10cm and 10-20cm, and also the rate of decomposition and nutrient release of poultry litter and the crop productivity. The different times of application concerning the poultry litter had little influence on the studied variables, demonstrating that the producer does not need to have a specific date (before planting) to the application of poultry litter. Potassium was fully released 60 days after the allocation of litter bags into the field; for nitrogen and phosphorus the release was slower. The use of increasing levels of poultry litter increased the levels of various soil elements, highlighting the potassium which reached 20 cm deep in the second year of evaluation. The increase in pH and in the base saturation occurred only in the upper layers, while the phosphorus reached 10 cm deep in the third year of the study. It was observed increased pH and base saturation. The use of increasing doses of poultry litter contributed to the wheat plant nutrition, significantly increasing the weight of a thousand grains, and the grain yield of wheat in all the evaluated years; the nitrogen fertilization in coverage also had significant effect for the fourth evaluated year. Also there was a significant response from the residual effect of poultry litter for crops planted in summer for both soybeans and beans.

Keywords: yield, fertility, residual effect.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 01 - pH do solo em quatro profundidades, e quatro doses de cama de aviário; 1 primeiro ano de aplicação; 2 segundo ano de aplicação; 3 terceiro ano de aplicação; 4 quarto ano de aplicação, (média de quatro épocas de aplicação).UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016..... 36
- Figura 02 - Saturação por Bases do solo em quatro profundidades, e quatro doses de cama de aviário; 1 primeiro ano de aplicação; 2 segundo ano de aplicação; 3 terceiro ano de aplicação; 4 quarto ano de aplicação, (média de quatro épocas de aplicação). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016..... 388
- Figura 03 - CTC do solo em quatro profundidades, e quatro doses de cama de aviário; 1 primeiro ano de aplicação; 2 segundo ano de aplicação; 3 terceiro ano de aplicação; 4 quarto ano de aplicação, (média de quatro épocas de aplicação).UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016..... 40
- Figura 04 - Fósforo do solo em quatro profundidades, e quatro doses de cama de aviário; 1 primeiro ano de aplicação; 2 segundo ano de aplicação; 3 terceiro ano de aplicação; 4 quarto ano de aplicação, (média de quatro épocas de aplicação). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016. 41
- Figura 05 - Potássio do solo em quatro profundidades, e quatro doses de cama de aviário; 1 primeiro ano de aplicação; 2 segundo ano de aplicação; 3 terceiro ano de aplicação; 4 quarto ano de aplicação, (média de quatro épocas de aplicação). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016. 44
- Figura 06 - Cálcio do solo em quatro profundidades, e quatro doses de cama de aviário; 1 primeiro ano de aplicação; 2 segundo ano de aplicação; 3 terceiro ano de aplicação; 4 quarto ano de aplicação, (média de quatro épocas de aplicação).UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016..... 46
- Figura 07 - Magnésio do solo em quatro profundidades, e quatro doses de cama de aviário; 1 primeiro ano de aplicação; 2 segundo ano de aplicação; 3 terceiro ano de aplicação; 4 quarto ano de aplicação, (média de quatro épocas de aplicação).UTFPR, Campus Pato Branco, 2016. 47
- Figura 08 - Soma de Bases do solo em quatro profundidades, e quatro doses de cama de aviário; 1 primeiro ano de aplicação; 2 segundo ano de aplicação; 3 terceiro ano de aplicação; 4 quarto ano de aplicação, (média de quatro épocas de aplicação).UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016. 49
- Figura 09 - Matéria seca remanescente de cama de aviário em litter bags sob diferentes doses após vários intervalos de alocação no campo. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016.....50
- Figura 10 - Porcentagem de nitrogênio (1) e fósforo (2) remanescente de cama de aviário em litter bags sob diferentes doses após vários intervalos de alocação a campo. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016.....52
- Figura 11 - Rendimento de trigo cultivar BRS 220 em quatro doses de cama de aviário; 1 primeiro ano de aplicação (2011); 2 segundo ano de aplicação (2012); (média de quatro épocas de aplicação).UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016. 55
- Figura 12 - Peso de mil sementes de trigo cultivar BRS 220 em quatro doses de cama de aviário; segundo ano de aplicação (2012); (média de quatro épocas de aplicação).UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016..... 58

Figura 13 - Rendimento de Matéria Seca de trigo cultivar BRS 220 em quatro doses de cama de aviário (1); e com e sem aplicação de nitrogênio em cobertura (2), (média de quatro épocas de aplicação). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016.	59
Figura 14 - Peso de mil grãos de trigo cultivar BRS 220 em quatro doses de cama de aviário, (média de quatro épocas de aplicação e de duas doses de nitrogênio em cobertura). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016.....	60
Figura 15 - Rendimento de trigo cultivar BRS 220 sob quatro doses de cama de aviário, e duas doses de nitrogênio em cobertura, (média de quatro épocas de aplicação). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016.....	61
Figura 16 - Rendimento de soja cultivar BMX Turbo RR, (1) safra 2011/2012; (2) safra 2012/2013; sob quatro doses de cama de aviário, (média de quatro épocas de aplicação). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016.....	63
Figura 17 - Rendimento de feijão cultivar IAC Imperador; safra 2013/2014, sob quatro doses de cama de aviário, (média de quatro épocas de aplicação). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016.....	64
Figura 18 - Rendimento de soja cultivar BMX Turbo RR, safra 2014/2015, sob quatro doses de cama de aviário (média de quatro épocas de aplicação). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Características químicas da cama de aviário encontrada por alguns autores em seus trabalhos.....	23
Tabela 02 – Características químicas do solo da área experimental, antes do início do experimento. UTFPR/Pato Branco, junho/2011.	30
Tabela 03 – Precipitação mensal nos quatro anos de condução do experimento. Estação Experimental da UTFPR/Pato Branco.	30
Tabela 04 – Caracterização da cama de aviário utilizada nos quatro anos do experimento (Base seca).....	32
Tabela 05 – Doses de cama de aviário aplicadas anualmente (em base seca) e respectivos valores de N, K ₂ O e P ₂ O ₅ aplicados ao solo anualmente.	32
Tabela 06 – Porcentagem de potássio remanescente na cama de aviário em litter bags sob diferentes doses após vários intervalos de alocação no campo. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016.....	53
Tabela 07 – Peso de mil grãos de trigo sob diferentes épocas de aplicação de cama de aviário (média de quatro doses). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016.	56

LISTA DE SIGLAS

CEP	Código de Endereçamento Postal
ONG	Organização Não Governamental
PR	Unidade da Federação – Paraná
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
SEAB	Paraná - Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
MS	Matéria Seca

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO	14
2.0 OBJETIVOS.....	17
2.1 Objetivo Geral	17
2.2 Objetivos Específicos	17
3.0 REVISÃO DE LITERATURA.....	18
3.1 Algumas culturas de grãos do Sudoeste do Paraná	18
3.1.1 A cultura do trigo.....	18
3.1.2 A cultura da soja.....	19
3.1.3 A cultura do feijão.....	21
3.2 Cama de Aviário.....	22
3.3 Propriedades Químicas do Solo	26
3.4 Contaminação ambiental por nutrientes e metais.....	27
4.0 MATERIAL E MÉTODOS	30
5.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1 Características químicas do solo.....	35
5.2 Decomposição do resíduo e liberação dos nutrientes da cama de aviário....	50
5.3 Desenvolvimento de trigo em diferentes épocas de aplicação e níveis de cama de aviário nos três primeiros anos do experimento.....	54
5.3.1 Rendimento de grãos.....	54
5.3.2 Componentes de rendimento.....	56
5.4 Desenvolvimento de trigo em diferentes épocas de aplicação e doses de cama de aviário, com e sem nitrogênio em cobertura.....	58
5.5 Produtividade das culturas de verão sobre efeito residual da aplicação de cama de aviário.....	62
6.0 CONCLUSÕES.....	66
7.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67
8.0 REFERÊNCIAS.....	68

1.0 INTRODUÇÃO

A Região Sudoeste do Paraná é caracterizada pela agricultura familiar, a qual responde por mais de 80% dos estabelecimentos agropecuários (PEREIRA; BAZOTTI, 2010). Nessas propriedades prevalece o uso de várias atividades, de forma a aumentar e diversificar a renda, sendo uma delas a criação de frangos de corte.

A produção de frangos é uma opção para os pequenos produtores que possuem mão de obra familiar, pois demanda pequena área para a construção do aviário. Atualmente várias empresas fornecem assistência aos produtores na região, entre elas a BR FOODS, a Anhambi, o grupo Vibra; a mais recente a entrar nesse mercado foi a Coasul (Le Vida), em São João, PR, cujo abatedouro de aves, inaugurado em novembro de 2010, tem aproximadamente 30.000 m² de área construída e capacidade total de abate de 160 mil aves por dia, fornecidas por até 200 aviários.

Os investimentos nesse mercado justificam o aumento da produção brasileira que vêm crescendo ao ritmo de 5,6% ao ano desde meados dos anos 80. Grande parte dessa produção se concentra na região Sul do Brasil mediante o sistema de integração agroindústrias-avicultores (MARTINELLI; SOUZA, 2005).

A avicultura brasileira apresentou altos índices de crescimento nas últimas décadas e o frango, seu principal produto, vem conquistando os mercados mais exigentes. Nesse período, o País foi alçado à condição de terceiro produtor mundial, segundo em consumo e líder em exportação, atingindo 142 países, principalmente para os países islâmicos (MAPA, 2001). O Paraná é o maior Estado produtor e exportador de frango do País e, segundo dados do Sindicato das Indústrias de Produtores Avícolas do Estado do Paraná (Sindiavipar), somente no mês de maio de 2014 foram abatidas 129,796 milhões de cabeças, número 7,4% superior ao registrado em maio de 2013.

A elevação na produção de frangos propicia o acúmulo de um resíduo importante que é a cama, formado pelas fezes, urina e penas dos animais, juntamente com a maravalha e produtos desinfetantes como a cal virgem. Conforme alguns autores, cada frango gera em torno de 2,19 kg de cama de frango ao final do período de criação (SANTOS; LUCAS, 2003), próximo dos 2,12

kg propostos por Angelo et al. (1997), mas inferior aos 2,6 kg obtidos por Ortolani; Brito (2001).

A quantidade de resíduo gerada no Paraná pela produção de frangos de corte é de 991.332.000,915 kg/ciclo/sistema, tendo um ciclo médio de produção, no ano, de 8,11 lotes e metragem de produção de 10.814.963,35 m². O destino de cada cama é a utilização em lavouras e venda para empresas especializadas (BRATTI, 2013). Atualmente, o preço pago pela tonelada de cama de aviário gira em torno de R\$ 60,00. Esse material é rico em nutrientes e, estando disponível nas propriedades a um baixo custo, pode ser viabilizado pelos produtores na adubação das culturas comerciais (COSTA et al., 2009).

Porém, os produtores devem ter cuidados com o uso indiscriminado da cama de aves. Se, por um lado, o seu uso como fertilizante pode melhorar a qualidade do solo, por outro lado, pode representar alto risco de contaminação ao meio ambiente, quando utilizado e manejado inadequadamente (MENEZES et al., 2009). O uso de cama de aves deve seguir os mesmos critérios técnicos utilizados pelos produtores que utilizam adubo mineral, ou seja, a definição da dose a aplicar depende da condição nutricional do solo, caracterizada pela análise de solo, e da concentração de nutrientes presentes no resíduo. A dose utilizada deve beneficiar a cultura em uso, sem prejuízos ao meio ambiente.

A utilização indiscriminada de cama de aviário está causando contaminação por nutrientes, principalmente N, P, K, microrganismos patogênicos e resíduos de produtos químicos, em regiões onde o solo e a extração pelas culturas não são suficientes para reciclar as altas concentrações do resíduo, o que causa prejuízos ao ambiente e a saúde pública (HAHN, 2004). Desta forma a utilização da cama de aviário não pode ser feita apenas empiricamente, a aplicação deste resíduo na agricultura deve visar à melhoria das condições de solo e das culturas, sem causar danos ao ambiente onde é aplicada.

Além de definir a dose mais adequada, em função da concentração de cada nutriente presente na cama, da condição química do solo e da cultura a ser implantada, outro fator importante é a época mais indicada para realizar a aplicação da cama, considerando que a liberação de N e de P é de 50 e 80%, respectivamente, para o primeiro cultivo após a aplicação da cama de aviário (CQFS – RS/SC, 2004). Silva et al. (2009) encontraram que a aplicação de 14,4

Mg ha⁻¹ de cama de frango foi a mais adequada para o crescimento de plantas de milho e sugeriram a aplicação antecipada deste resíduo por pelo menos 30 dias antes do plantio. Porém, ainda existem poucos dados na literatura dizendo qual a melhor época e dose de cama de aves indicada para as diversas culturas.

A época de aplicação de cama de aviário para pastagens e capineiras está regulamentada pelo MAPA através da Instrução Normativa Nº 25, de 23 de julho de 2009, onde consta que o pastoreio só pode ser permitido a partir de 40 dias da incorporação ao solo, devido a questões sanitárias. Definir, tecnicamente, a melhor época de aplicação de cama de aviário considerando taxa de decomposição e de liberação de nutrientes da cama de aviário, conciliando com possíveis perdas por volatilização de amônia, ainda é um desafio da pesquisa.

Assim, neste trabalho se testou as seguintes hipóteses:

1. A antecipação da aplicação da cama de aviário, na cultura do trigo, favorece o seu desempenho produtivo;
2. O aumento das doses de cama de aviário aumenta a produtividade do trigo e mantém um efeito residual para a cultura da soja e/ou feijão;
3. O uso de cama de aviário melhora a fertilidade do solo, mas doses excessivas podem comprometer a qualidade química do solo e a produtividade das culturas.

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito cumulativo de quatro anos de aplicações de cama de aviário em diferentes épocas e doses, sobre o desempenho imediato da cultura do trigo (*Triticum aestivum* (L.) Thell) e seu efeito residual sobre as culturas da soja (*Glycine max*) e do feijão (*Phaseolus vulgaris*), bem como as alterações promovidas por esta prática sobre as características químicas do solo.

2.2 Objetivos Específicos

- Quantificar a fertilidade do solo após a aplicação de cama de aviário;
- Avaliar a produtividade da cultura de trigo, além do efeito residual sobre a cultura da soja e do feijão, em resposta a aplicação de cama de aviário em diferentes épocas e níveis;
- Avaliar a taxa de decomposição e a liberação dos nutrientes presentes na cama de aviário, e correlacionar com o desenvolvimento e a produtividade da cultura.

3.0 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Algumas culturas de grãos do Sudoeste do Paraná

3.1.1 A cultura do Trigo

O trigo (*Triticum aestivum* (L.) Thell) cultivado comercialmente é planta da família Poaceae, de grande dispersão geográfica, cultivado em vários países. No Paraná, maior produtor de trigo do Brasil, os grandes problemas enfrentados pelos produtores são as geadas, chuvas em excesso e a competitividade com o trigo importado de outros países, que tem menor preço de custo.

Segundo Brum et al. (2005), de forma geral, o custo de produção argentino é mais baixo do que o registrado nos dois principais estados produtores do Brasil. Enquanto os custos médios na Argentina variaram entre US\$ 6,00 e US\$ 8,00/saco, no período de 1994 a 2003, o referido custo no Rio Grande do Sul variou entre US\$ 5,87 e US\$ 13,38/saco. Já no Paraná, o custo ficou entre US\$ 9,19 e US\$ 22,20/saco.

Assim, fica difícil para os produtores investirem na cultura, uma vez que a concorrência com outros países não deixa que o preço ofereça bons retornos ao produtor, sendo importante a adoção de práticas que reduzem esse custo de produção. Uma das alternativas para redução nesse custo pode ser o uso da cama de aviário em substituição parcial ou total da adubação mineral. Na cultura do trigo irrigado, na região Centro-Oeste, a maior parte do custo de produção da lavoura é com a compra de fertilizantes (14%), com destaque para os nitrogenados (CÁNOVAS; SILVA, 2000).

Assim, tanto na cultura do trigo como em outras culturas, a cama de aviário pode ser uma boa fonte de nutrientes para o aumento da produtividade, possibilitando ao produtor um menor custo, viabilizando as culturas e aumentando a lucratividade da propriedade.

Segundo Benedetti *et al.* (2009), a substituição do adubo químico na forma de ureia pelo uso da cama de aviário pode ser utilizada em pastagens. Experimentos reportam os efeitos do uso da cama de aviário e demonstram algumas vantagens como alta concentração de macronutrientes (ZHANG et al., 2002). Em trigo o rendimento de grãos de trigo apresentou uma resposta quadrática com a adição de cama de aviário, sendo que a dose de máxima foi

7,39 Mg ha⁻¹ de cama de aviário, com produção de 3766 Kg ha⁻¹, um acréscimo de 65 % de produtividade em relação a testemunha, que produziu 2280 kg ha⁻¹, (FÁVERO, 2012).

Na última safra 2015, a área de trigo cultivada no Brasil foi de 2,47 milhões de hectares, dos quais 1,33 milhões de hectares se localizaram no estado do Paraná, que responde por 53 % da área de trigo brasileira (CONAB, 2015). Na região Sudoeste do Paraná, na mesma safra, foram semeados 175.920 mil hectares, atingindo-se uma produtividade média de 2715 kg ha⁻¹, enquanto a média Brasileira foi de 2675 kg ha⁻¹ (SEAB- DERAL, 2015).

Com metabolismo fotossintético C3, o trigo tem seu ciclo dividido em subperíodos, os quais variam em número de dias segundo variáveis ambientais, tais como precipitação, temperatura, fertilidade do solo. Associa-se a isso às características da base genética de cada cultivar, as quais podem se manifestar de diferentes formas quando submetidas a condições ambientais contrastantes (RODRIGUES, 2000). Um dos principais fatores para obtenção de altos rendimentos em qualquer cultura é a adubação a ser aplicada à mesma (LOPES, 1996).

A cultivar BRS 220 é indicada para todas as regiões tritícolas do Paraná por apresentar elevado potencial de rendimento, ampla adaptação e ser dotada de força de glúten que a inclui na classe de trigo pão. É resistente às ferrugens e moderadamente resistente às manchas foliares, à brusone e ao vírus-do-mosaico. É suscetível à giberela e ao oídio (BASSOI et al., 2005).

3.1.2 A Cultura da soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das mais importantes culturas na economia mundial, podendo ser utilizada para diversos fins, entre eles a produção de rações para animais, óleo vegetal, na indústria química e de alimentos. Recentemente, vem crescendo também o uso como fonte alternativa de biocombustível (COSTA NETO; ROSSI, 2000).

A estimativa de produção de soja, no Brasil, na safra 2015/2016, é de 100,9 milhões de toneladas, numa área de aproximadamente 32,9 milhões de ha, sendo o Mato Grosso o principal produtor com 28,9 milhões de toneladas do grão

e o Paraná como segundo estado em produção com 17,9 milhões de toneladas, em uma área de 5,2 milhões de hectares (SEAB DERAL, 2015).

Dentre os principais fatores que estão promovendo este crescimento em área plantada, produção e produtividade estão: à mecanização reduzindo perdas no processo de colheita, a obtenção de cultivares altamente produtivas que se adaptam as diferentes regiões do Brasil, o desenvolvimento de pacotes tecnológicos relacionados ao manejo de solos, ao manejo de adubação e calagem, manejo e controle de pragas, doenças e plantas daninhas (FREITAS, 2011).

É importante destacar que o manejo adequado da cultura e níveis equilibrados de nutrientes são pontos chave para um bom desenvolvimento da planta, o que influirá no rendimento de grãos (BOARD; MODALI, 2005). Dentre os métodos de adubação, a adubação de sistema vem ganhando destaque na busca por altas produtividades. Esta visa aplicação total ou parcial do fertilizante necessário para a cultura de verão no inverno; para o sucesso desta prática é importante que os nutrientes no solo estejam acima dos limites críticos, pois este método de adubação consiste na reposição dos nutrientes no solo de acordo com a produção esperada (TRENTIN et al., 2004).

Este princípio visa que os nutrientes aplicados na primeira cultura serão ciclados para a cultura seguinte. Spain; Salinas (1985) verificaram que 60 a 70% do Nitrogênio aplicado na primeira cultura são reciclados e novamente absorvido pelas plantas no cultivo seguinte.

Segatelli (2004) trabalhando com adubação antecipada no capim-pé-de-galinha visando à soja, com doses de 90 kg P_2O_5 ha, 50 kg K_2O ha, variando entre tratamento com toda adubação antecipada ou apenas na soja, verificou que o peso de mil grãos e o rendimento de grãos não apresentou diferenças significativas, mostrando que é possível fazer a antecipação da adubação da cultura de verão na cultura de inverno sem prejuízos a produtividade. Em outro trabalho, Spies (2007) evidenciou maior rendimento de grãos da soja com a antecipação da adubação para o inverno, sendo que no mesmo trabalho o menor rendimento de grãos foi evidenciado quando a adubação foi realizada para cada cultura individualizada, no inverno e verão.

A adubação com cama de aviário eleva a altura de planta e de inserção do primeiro legume, massa de 1000 grãos, número de legumes por planta e o rendimento de grãos de soja, porém em doses mais elevadas favorece o acamamento das plantas, mostrando que a utilização da cama de aviário é viável, em termos agrônômicos e econômicos, na cultura da soja (CARVALHO et al., 2011).

Desta maneira a adubação antecipada com cama de aviário na cultura do trigo visando também uma boa produtividade da soja no verão pode ser uma excelente opção para os produtores, reduzindo os custos da cultura de inverno e possibilitando também um melhor aproveitamento da adubação orgânica e produtividade da soja.

3.1.3 A cultura do Feijão

Apesar de não ser um prato de origem no Brasil, a feijoada acabou se tornando prato típico brasileiro, sendo consumida em todas as partes do país. Conforme estimativa do IBGE/2012, citado por Seab-Deral (2014), o consumo alimentar médio de feijão per capita é 14,94 kg hab ano⁻¹.

Esta leguminosa apresenta ampla adaptação edafoclimática, o que permite seu cultivo durante todo o ano, em quase todas as unidades da federação brasileira, nas diferentes épocas e safras. Em 2012 o Brasil produziu 2.794.854 de toneladas de feijão, perdendo apenas para a Índia (3.710.000 de toneladas) e Mianmar (3.390.000 de toneladas) (FAO 2014). No Paraná, na safra 2014/15, foram semeados 192.711 hectares de feijão para a primeira safra, com rendimento de 1698 kg ha⁻¹; já na segunda safra foram 209.714 hectares, com rendimento de 1838 kg ha⁻¹ e para terceira safra 5.120 hectares, com rendimento de 1029 kg ha⁻¹ (SEAB-DERL, 2016).

Segundo a CONAB, o Brasil colheu no período de 2007 a 2014 em média 3,3 milhões de toneladas por ano. Segundo o censo agropecuário da agricultura familiar (IBGE, 2006), aproximadamente 70% do feijão produzido no Brasil é proveniente da agricultura familiar, seguramente em plantios efetuados na época “das águas” e “da seca”, com baixa produtividade. Várias podem ser as causas para a baixa produtividade do feijoeiro-comum na agricultura familiar, como alto custo dos insumos, ausência de controle de pragas e doenças, perda da

biodiversidade, sistemas de produção inadequados e insustentáveis e o abandono de práticas de cultivo tradicionais associadas à produção do feijoeiro. Nesta ótica o uso de produtos alternativos e com um custo mais baixo como a cama de aviário seria uma boa alternativa para os agricultores, como substituição parcial ou total ao fertilizante mineral.

Andreotti et al. (2005) utilizando 60 kg ha^{-1} de nitrogênio em cobertura na cultura do feijão, comparando várias fontes de nitrogênio, uma delas a cama de aviário com 1,93 % de nitrogênio, constataram que na aplicação em cobertura sem revolvimento, a cama de aviário obteve o melhor resultado com produtividade de 4158 kg ha^{-1} , diferindo da testemunha (sem adubação em cobertura), da ureia, do sulfato de amônio, e o nitrato de amônio, com produtividade de $2228,7 \text{ kg ha}^{-1}$; $2531,6 \text{ kg ha}^{-1}$; $2556,5 \text{ kg ha}^{-1}$ e $2414,1 \text{ kg ha}^{-1}$ respectivamente, demonstrando um potencial da cama de aviário no acréscimo de produtividade desta cultura.

3.2 Cama de Aviário

A região Sudoeste do Paraná destaca-se por pelo seu alto potencial de produção avícola, em especial a cidade de Dois Vizinhos, que é a maior produtora de frango de corte do Brasil, abatendo 550 mil aves dia, tendo cerca de 910 aviários de frangos de corte, 208 aviários de matrizes de produção e 90 aviários de matrizes de recria. Em contrapartida, é grande a geração de resíduos oriundos dessa produção, os quais podem ser utilizados nas mais variadas formas dentro dessa cadeia produtiva (BRATTI, 2013).

A cama de aviário é formada pelo material absorvente de umidade, que pode ser maravalha, palhas ou cascas, os excrementos e as penas das aves e a ração desperdiçada, constituindo-se assim, num resíduo com alta concentração de nutrientes (HAHN, 2004).

Em relação à questão nutricional da cama de aviário, o mais importante é o número de lotes criados na mesma cama e o tipo e a quantidade de material que é utilizado como substrato. Além desses fatores, a idade de abate dos animais, a densidade de confinamento, a conversão alimentar, o tipo de alimento dos frangos, a umidade do material absorvente, o tipo de piso e as condições

climáticas ocorridas durante a criação também influenciam na qualidade da cama (HAHN, 2004).

Os teores de N, P, K, Ca e Mg podem variar ligeiramente, dependendo da origem da cama de aviário (frangos de corte ou galinhas poedeiras) e do número de camadas de maravalha (Tabela 01).

Tabela 01 – Características químicas da cama de aviário encontrada por alguns autores em seus trabalhos.

Autores	Nutrientes (%)					
	N	P	K	Ca	Mg	pH
Andreotti et al. (2005)	1,93	1,65	4,11	*	*	*
Adami (2012)	2,50	1,76	3,73	4,41	*	*
Fávero (2012) 1ª aplicação	2,60	1,66	2,30	3,40	0,64	8,35
Fávero (2012) 2ª aplicação	3,05	1,44	2,40	2,70	0,57	8,37
Bratti (2013)	2,68	1,41	1,43	3,60	1,33	*

Em virtude da quantidade cada vez maior de resíduos orgânicos gerados pelas atividades agrícolas, o uso agrônômico desses materiais, como fonte de nutrientes às plantas e como condicionadores do solo, tem se constituído em alternativa viável em termos de preservação ambiental (MELO; MARQUES, 2000), além de proporcionar aumento no rendimento das culturas, melhorando a renda das propriedades.

Para que o material orgânico adicionado ao solo possa fornecer nutrientes às plantas, é preciso que ele seja decomposto pelos microrganismos do solo, e que os nutrientes retidos em suas estruturas orgânicas sejam liberados (mineralizados) (BRATTI, 2013). O processo de mineralização da cama de aviário é influenciado por características do material orgânico e pelas condições ambientais de temperatura, umidade, aeração e acidez (CORREIA; ANDRADE, 1999).

O uso da cama de aviário na alimentação de bovinos foi uma prática zootécnica muito difundida no país, até a sua proibição em 2001 pela Instituição Normativa nº 15 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, como uma das medidas preventivas para evitar os riscos potenciais da Encefalopatia

Espongiforme Bovina (MAPA, 2001). No entanto, o seu uso como adubo de pastagens é permitido, desde que respeitado o intervalo de 40 dias da aplicação até a entrada do animal no pastejo.

Em experimento com cama de aves poedeiras Figueroa; Escosteguy; Wiethölter (2009) observaram que o rendimento de trigo com as duas menores doses de esterco (2,8 e 4,2 Mg ha⁻¹) foi de 4.249 e 4.071 kg ha⁻¹, respectivamente, e não diferiu da aplicação de ureia (4.129 kg ha⁻¹), em dose equivalente a 80 kg de N ha⁻¹, mas todos estes tratamentos proporcionaram maior rendimento que o observado no tratamento testemunha (3.196 kg ha⁻¹). Esse resultado permite concluir que, no caso em estudo, a adubação química pode ser substituída total ou parcialmente pelo uso de cama de galinhas poedeiras as quais ficam alojadas em aviário para postura de ovos. O mesmo pode-se dizer da cama de aviário onde os animais ficam alojados para adquirir peso ideal para abate e comercialização da carne. Cabe ressaltar que o solo utilizado nesse experimento não apresentava limitações químicas.

Comparando a adubação com cama de frango, média de cinco doses (0, 2, 4, 6, 8 Mg ha⁻¹), com a mesma acrescida de superfosfato simples (263 kg ha⁻¹) ou de fertilizante formulado (277 kg ha⁻¹ de 13:18:14) aplicados na linha de semeadura, Fávero (2012) observou rendimentos de milho, segunda safra, de 7517, 7684 e 7977 kg ha⁻¹, respectivamente, demonstrando que existe resposta à complementação da adubação mineral a cama de frango. O autor conclui dizendo ser indispensável à adubação mineral como complemento ao uso de cama de frango na cultura do milho 2ª safra, especialmente devido à alta exigência em fósforo pela cultura na fase inicial (V3-V6) de desenvolvimento.

Em regiões de clima tropical ou subtropical, como é o caso do Sul do Brasil, a decomposição da matéria orgânica nos solos ocorre rapidamente, sendo que uma redução expressiva no seu teor afetará negativamente as funções química, física e biológica deste solo, resultando em diminuição na produtividade das culturas (MALAVOLTA; GOMES; ALCARDE, 2002). Assim a utilização de adubos orgânicos, como a cama de aviário, pode aumentar os níveis de matéria orgânica destes solos, através da melhoria das características químicas, físicas e biológicas destes solos melhorando o desenvolvimento das culturas, produzindo

mais biomassa e matéria seca das culturas, o que afetará na melhor cobertura do solo e por consequência aumentar a matéria orgânica.

A adição de materiais orgânicos estimula os microrganismos heterotróficos do solo, que apresentam alguns possíveis efeitos na produção, como: estímulo à biota do solo, fornecimento de nutrientes vegetais, condicionamento das propriedades físicas do solo, estímulo ao crescimento das plantas, efeito tampão (químico e biológico), controle térmico e melhoria da retenção de água (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

De acordo com a CQFS – RS/SC (2004), a disponibilidade de N, P e K para a primeira cultura é de 50, 80 e 100% e de 20% para o N e o P na segunda cultura pós-aplicação da cama de aviário. Adami (2012), considerando um período de 150 dias de avaliação de decomposição da cama de aviário, observou uma taxa de liberação de 54, 51 e 100% respectivamente para o N, P e K, valores estes que sobem para 84,3 e 82% respectivamente para o N e o P após 365 dias de alocação a campo. Esse processo de mineralização é influenciado por características do material orgânico e pelas condições ambientais de temperatura, umidade, aeração e acidez (CORREIA; ANDRADE, 1999). Para Eghball et al. (2004), citado por Adami (2012), a aplicação de cama de aviário resulta em aumentos nos teores de nutrientes e matéria orgânica do solo e seus efeitos residuais sobre a produção agrícola e as propriedades do solo podem durar anos após a sua aplicação ter sido interrompida, provendo nutrientes e efeito calagem para as próximas estações de crescimento.

Desta forma é importante que o uso da cama de aviário atenda critérios técnicos, pois a aplicação de elevadas doses pode ocasionar em perda de nutrientes, uma vez que a liberação dos nutrientes é rápida ocorrendo em grande parte na primeira cultura. Se os nutrientes não forem aproveitados pela cultura, especialmente nitrogênio e potássio, estarão sujeitos a perdas aumentando os riscos de contaminação do ambiente.

Além das questões ligadas aos nutrientes essenciais que estão presentes na cama de aviário, é importante destacar que a indústria tem usado produtos antimicrobianos (antibióticos e quimioterápicos), tanto como promotores de crescimento, como produtos de efeito curativo. Esses produtos visam minimizar a exposição dos frangos a agentes patogênicos, evitar doenças e assim perdas na

produção. Porém, a grande maioria destes produtos não é absorvida pelo frango, e assim, a cama de aviário pode apresentar resíduos destes antimicrobianos e/ou de seus metabólitos. O desconhecimento sobre os impactos destes no ambiente tornou-se motivo de grande preocupação (HAHN, 2004).

Assim é de grande importância o uso moderado dos dejetos de animais, pois pode ser tanto benéfico para as culturas como também causar efeitos indesejáveis quando utilizado de forma inadequada.

3.3 Propriedades Químicas do Solo

O uso intensivo de adubação orgânica pode modificar as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (GLIESSMAN, 2000). Os nutrientes presentes na cama de aviário são mineralizados e disponibilizados às plantas ocorrendo um aumento no solo.

Entre as principais vantagens da utilização de resíduos de aves está a neutralização do alumínio trocável devido a presença da cal virgem (CaO) utilizada na desinfecção de aviários e granjas de postura. A adição de esterco de poedeira ao solo aumenta a CTC, os teores de Ca e Mg e reduz a saturação por alumínio (HOLANDA; MIELNICZUK; STAMMEL, 1982). Ernani; Gianelo (1982), trabalhando com esterco de poedeira, verificaram que ocorreu aumento na disponibilidade de nutrientes, bem como redução nos teores de alumínio trocável, o que contribuiu para o aumento da produção de matéria seca de aveia.

O uso da cama de aviário pode contribuir para o aumento do pH e da saturação por bases, assim como a complexação e a precipitação do alumínio da solução do solo (FRANCHINI, 1999; MELLO; VITTI, 2002). Também propicia aumento de macronutrientes no solo, como o nitrogênio, o cálcio, o potássio e o fósforo, aumento na CTC e na estabilização de micronutrientes, como o ferro e o manganês. No aspecto físico auxilia no melhoramento da estrutura do solo, propiciando maior infiltração e retenção de água no solo e maior aeração do solo. Na biologia do solo é responsável por maior atividade e diversidade microbiana (SIMONETE, 2001; CERETTA et al., 2003; ROCHA; GONÇALVES; MOURA, 2004; HOFFMANN et al., 2001).

Em função do exposto, as principais vantagens relacionadas com o uso de resíduos orgânicos na agricultura são a redução de custos na produção, quando o resíduo é de fácil acesso, o uso em substituição aos adubos minerais, o cumprimento da legislação ambiental, a implantação de um sistema sustentável e a redução de uso das reservas finitas de adubos e de energia não renovável (LANA et al., 2010).

Entretanto, pouco se sabe sobre a decomposição e liberação de nutrientes da cama de aviário ao solo e os dados disponíveis são de outros países, o que dificulta a comparação de resultados uma vez que estes parâmetros são fortemente influenciados pelas condições edafoclimáticas, pela qualidade do substrato e por processos biológicos do solo (PAUL; CLARK, 1996). Desta forma o estudo da influência da utilização da cama de aviário sobre vários aspectos em diferentes regiões do Brasil é de suma importância para a utilização adequada deste resíduo sem haver prejuízos ao ambiente, resultando apenas no desenvolvimento da agricultura brasileira.

Em trabalho realizado no Sudoeste do Paraná, com uso de doses crescentes de cama de aviário, após 60 dias de incubação a campo, 40, 34, 91 e 39% do N, P, K e Ca respectivamente, presentes na matéria seca inicial da cama de aviário, já haviam sido liberados ao solo (PITTA et al., 2012), porém, mesmo ao final de um ano de incubação a campo, a cama de aviário ainda apresentava um residual de 27% de MS, demonstrando o efeito residual da cama.

3.4 Contaminação ambiental por nutrientes e metais

Se por um lado o uso da cama de aviário pode trazer vários benefícios para a fertilidade do solo, desenvolvimento e produtividade de plantas, por outro lado o uso da mesma sem nenhum critério técnico pode trazer prejuízos às plantas por fitotoxidez de nutrientes além de risco de poluição do meio ambiente.

Segundo Hahn (2004), os dois elementos presentes em altas concentrações na cama de aviário mais relacionados com contaminação ambiental são o nitrogênio e o fósforo. O nitrogênio pode contaminar a atmosfera, o solo e as águas superficiais e subterrâneas. O fósforo pode contaminar o solo e, principalmente, as águas superficiais. Estes dois nutrientes são de suma importância para o desenvolvimento e produção das culturas, porém quando

usados em grandes quantidades e sem nenhum critério podem se tornar fonte de preocupação. O mesmo autor também destaca que o potássio e nutrientes como o cobre, zinco, cálcio, magnésio, em menor concentração na cama de aviário, também apresentam um risco de contaminação quando a cama é utilizada inadequadamente.

A poluição atmosférica por amônia representa um papel importante para a ocorrência de chuva ácida em regiões com alta produção de resíduos animais. Segundo dados de Nicholson *et al.* (2002), cerca de 80-90% da amônia liberada para a atmosfera na Europa se origina de resíduos animais; nas regiões produtoras de aves do Brasil muitas vezes o momento em que a cama de aviário é retirada do aviário não coincide com a disponibilidade para que a mesma possa ser aplicada nas lavouras, ficando assim em montes, muitas vezes a céu aberto, causando perda de amônia por volatilização e prejuízos a atmosfera. Além disso, pode haver perda por lixiviação, conforme constatado em trabalho com aplicações anuais de 13, 27, 54 e 179 Mg ha⁻¹ de cama de aviário durante quatro anos em solos arenosos com lavouras de milho e que resultaram em uma concentração de nitrato de 13, 21, 35 e 109 mg L⁻¹, respectivamente, no lençol freático localizado a três metros da superfície (LIEBHARDT *et al.*, 1979), mostrando a mobilidade deste nutriente e o risco que pode apresentar para as pessoas que dependem de água de fontes próximas a locais onde a cama de aviário foi aplicada.

Outro elemento também presente na cama de aviário é o fósforo, o qual tem grande importância para as plantas, mas também pode apresentar riscos, principalmente em áreas com declividade, e sem impedimento ao escoamento, podendo carrear este elemento para rios e fontes. A maior parte do fósforo na água de escoamento superficial encontra-se na forma solúvel (80 a 90%), a qual é a forma mais rapidamente disponível para a utilização pelas algas (EDWARDS; DANIEL, 1993), e também pode causar toxidez para peixes e animais aquáticos.

Dentre os metais o mais citado em trabalhos é o chumbo, o qual mesmo em pequenas concentrações traz efeitos maléficos tanto para as plantas como para as pessoas que se alimentam das mesmas. O comitê da FAO/OMS (1994) afirma que a estimativa de queda do Quociente de Inteligência (QI) é de 1 a 3 pontos para cada aumento de 0,1 mg L⁻¹ de Pb no sangue de crianças, com isso,

plantas que se desenvolvem em ambiente com Pb, se consumidas, podem reduzir a capacidade de aprendizado e memória.

Geralmente, os níveis mais altos de concentração de Pb se dão nas folhas, e os mais baixos, nas sementes (IRETSKAYA; CHIEN, 1999). Segundo Simeoni et al. (1984), cereais, gramíneas, legumes e olerícolas tuberosas tendem a acumular menos metais do que plantas folhosas de crescimento rápido, como a alface.

Em trabalho com avaliação do teor de chumbo em folhas de alface, Machado et al. (2008) concluíram que a provável fonte de contaminação de chumbo na produção foram os compostos orgânicos cama de aviário e torta de mamona utilizados, com maior contaminação verificada pelo uso da cama de aviário. Neste mesmo trabalho o peso médio de cada planta de alface foi de 200 gramas, as amostras forneceram valores médios de 276, 166 e 30 µg de chumbo por planta, respectivamente para a alface cultivada com cama de aviário, torta de mamona e na ausência de adubação.

Esses resultados reforçam a preocupação com o uso adequado da cama de aviário visando evitar teores excessivos de elementos químicos, sejam nutrientes essenciais ou não, bem como reduzir o risco de contaminação da água de lençóis freáticos.

4.0 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Pato Branco, em junho de 2011, e conduzido durante quatro anos. O solo da área é um Latossolo Vermelho distrófico típico (BHERING; SANTOS, 2008), cuja caracterização química inicial se encontra na Tabela 02.

Tabela 02 – Características químicas do solo da área experimental, antes do início do experimento. UTFPR/Pato Branco, junho/2011

Prof. cm	MO g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	Al	CTC	pH CaCl ₂	V %
					cmol _c dm ⁻³				
0-2,5	70,6	24,4	0,63	5,6	3,0	0,08	15,7	4,9	58,9
2,5-5	66,1	19,7	0,48	4,7	2,7	0,21	15,0	4,7	52,0
5-10	62,2	16,5	0,36	4,0	2,2	0,47	14,5	4,6	44,4
10-20	52,2	7,1	0,30	3,2	1,8	0,48	11,8	4,5	42,8

MO: matéria orgânica (Walkley-Black); P e K: fósforo e potássio disponíveis (Mehlich-1); Ca, Mg e Al: cálcio, magnésio e alumínio trocáveis (KCl 1M); CTC: capacidade de troca de cátions à pH 7; V: saturação por bases.

O relevo é suave ondulado com 4% de declividade. O clima no local é do tipo Cfa, com temperatura média no trimestre mais frio entre 13 a 14°C, e temperatura média no trimestre mais quente entre 24 a 25°C. As chuvas são bem distribuídas ao longo do ano, sendo que a precipitação anual varia de 2.000 a 2.500 mm (CAVIGLIONE, 2000). As precipitações mensais durante o período experimental se encontram na Tabela 03.

Tabela 03 – Precipitação mensal nos quatro anos de condução do experimento. Estação Experimental da UTFPR/Pato Branco.

MÊS	PREC(mm)	MÊS	PREC(mm)	MÊS	PREC(mm)	MÊS	PREC(mm)
jan/11	322	jan/12	167,2	jan/13	176,2	jan/14	214,2
fev/11	271,2	fev/12	290,8	fev/13	227,6	fev/14	156,8
mar/11	352,6	mar/12	44,4	mar/13	361,4	mar/14	319,8
abr/11	72,8	abr/12	307,7	abr/13	114,2	abr/14	224,6
mai/11	20	mai/12	66,2	mai/13	267	mai/14	109,6
jun/11	159	jun/12	199	jun/13	417,2	jun/14	367,6
jul/11	211,5	jul/12	122,6	jul/13	72,8	jul/14	136,2
ago/11	77,2	ago/12	1,6	ago/13	149,6	ago/14	51,6
set/11	185,3	set/12	71,6	set/13	207,4	set/14	360
out/11	248,4	out/12	250,8	out/13	133,4	out/14	75,2
nov/11	127,8	nov/12	61,6	nov/13	97,6	nov/14	227
dez/11	44,6	dez/12	294,8	dez/13	255,4	dez/14	238,4

O delineamento experimental utilizado nos três primeiros anos de experimento foi o de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas em quatro repetições. As parcelas principais corresponderam às quatro épocas de aplicação de cama de aviário na superfície do solo: 45, 30, 15 e 0 dias antes da semeadura (DAS) do trigo. Em cada ano os dias correspondentes às épocas de aplicação foram os seguintes: 45 DAS (02/06/2011, 29/05/2012 e 11/06/2013); 30 DAS (17/06/2011, 13/06/2012 e 26/06/2013); 15 DAS (02/07/2011, 28/06/2012 e 11/07/2013) e 0 DAS (17/07/2011, 13/07/2012 e 26/07/2013). Nas subparcelas foram aplicadas doses crescentes de cama de aviário: 0, 4, 8 e 12 Mg ha⁻¹ (base úmida), repetidas todos os anos. Cada unidade experimental possuía uma área de 25m², sendo cinco metros de largura por cinco metros de comprimento.

No último ano de avaliação houve uma mudança no protocolo experimental e o experimento passou a ser conduzido no delineamento de blocos ao acaso, em parcelas sub-subdivididas. Nas parcelas principais se manteve as quatro épocas de aplicação da cama de aviário: 45 (11/06/2014), 30 (26/06/2014), 15 (11/07/2014) e 0 (26/07/2014) DAS do trigo; nas subparcelas as doses crescentes de cama de aviário: 0, 4, 8 e 12 Mg ha⁻¹ (base úmida); e nas sub-subparcelas o tratamento foi sem e com aplicação de nitrogênio em cobertura, na cultura do trigo em dosagem correspondente a 100 kg de N ha⁻¹, na forma de ureia. Cada unidade experimental passou a apresentar uma área de 12,5m². A aplicação do N em cobertura ocorreu no estágio de perfilhamento, correspondendo ao dia 01/09/2014.

A cama de aves utilizada nos quatro anos do experimento foi coletada de um aviário localizado na região, no qual o período de criação é de aproximadamente 52 dias por ciclo. Os frangos são criados em galpão contendo maravalha como substrato. A análise da cama de aviário foi feita, conforme metodologia descrita em Tedesco et al. (1995), para caracterização química. Os resultados contidos na Tabela 04 são uma média dos teores observados nos quatro anos do experimento, em lotes que variaram entre sete a onze.

Tabela 04 – Caracterização química da cama de aviário utilizada nos quatro anos do experimento

ANO	N(%)	P(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)	pH	C(%)
2011	3,25	2,30	2,01	*	*	*	*
2012	2,06	1,84	2,74	2,12	0,51	*	*
2013	3,24	2,36	2,85	2,55	0,99	7,4	36,9
2014	3,22	1,63	2,91	1,11	0,51	8,1	44,5
Média	2,94	2,03	2,63	1,93	0,51	7,8	40,7

A partir dos dados da Tabela 04 foram calculados os respectivos níveis de cama de aviário (em base seca), e os correspondentes teores de N, P₂O₅ e K₂O aplicados anualmente no experimento (Tabela 05), considerando um teor de 80% de matéria seca (MS) presente na cama de aviário em todos os anos do experimento. Fazendo a correção pela MS os níveis aplicados foram de 0, 3,2, 6,4 e 9,6 Mg ha⁻¹.

Tabela 05 – Doses de cama de aviário aplicadas anualmente (em base seca) e respectivos valores de N, K₂O e P₂O₅ aplicados ao solo anualmente.

ANO	Dose* 3,2 (Mg ha ⁻¹)			Dose* 6,4 (Mg ha ⁻¹)			Dose* 9,6 (Mg ha ⁻¹)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	----- (Kg ha ⁻¹) -----								
2011	104	166	77	208	331	155	312	497	232
2012	66	132	106	132	265	211	198	397	317
2013	104	170	110	207	340	220	311	510	330
2014	103	117	112	206	235	224	309	352	337
Média	94	146	101	188	292	203	282	438	304

*Matéria seca de cama de aviário aplicada ao solo.

Nos quatro anos avaliados implantou-se a cultura do trigo, cultivar BRS 220, sendo utilizado um trator New Holland TL75 e uma semeadora de plantio direto marca Semeato, modelo SHM de 11 linhas com espaçamento de 0,17 m entre linhas. Tanto na semeadura quanto em cobertura não se procedeu à aplicação de adubo mineral nos três primeiros anos de avaliação; no último ano (2014) se realizou adubação mineral em cobertura utilizando a ureia (45% de N) na fase de perfilhamento.

Nos quatro anos de experimento foi aplicado o herbicida seletivo de ação sistêmica Husar (Iodosulfurom-metilico), do grupo sulfonilureia, inibidor da enzima acetolactato sintase, na dose de 80 g ha⁻¹, para o controle de plantas daninhas como a corda de viola, nabo, e também para controle de outras culturas presentes no local, tais como azevém e aveia preta.

Outro trato cultural utilizado na cultura foi o tratamento com o fungicida sistêmico Priori Xtra (azoxistrobina + ciproconazol), visando o controle da ferrugem da folha do trigo (*Puccinia triticin*), na dose de 300 ml ha⁻¹, sendo realizadas duas aplicações. Quando necessário também foi utilizado inseticida Connect (*Imidacloprido*)+(Beta-ciflutrina), para controle de percevejos (*Euschistus heros*; *Nezara viridula*; *Dichelops melacanthus*) e pulgão (*Metopolophium dirhodum*), na dose de 750 ml ha⁻¹.

A colheita das plantas de trigo, na maturação fisiológica, foi feita coletando-se a parte central de cada parcela, numa área de 4,0 m². Após correção da umidade para 13%, a produtividade foi extrapolada para Kg ha⁻¹, também foi feita a avaliação do peso de mil grãos fazendo a contagem de 300 grãos e extrapolado para o peso de mil grãos.

No ano de 2014, apenas na época 0 DAS do trigo, com o intuito de avaliar a taxa de decomposição e de liberação de nutrientes da cama de aviário a campo, foram alocados, sobre a superfície do solo, sacos de decomposição do tecido voal com formato quadrado de 20x20 cm. Estes sacos, de forma proporcional às doses de cama de aviário aplicadas, receberam 16, 32 e 48 g de cama de aviário, correspondendo, respectivamente, às doses de 4, 8 e 12 Mg ha⁻¹. Em cada parcela foram colocados sete sacos de decomposição, os quais foram coletados aos 10, 20, 30, 60, 90, 120 dias de incubação a campo, levados para laboratório e secos em estufa a 60° C, pesados para avaliação da matéria seca remanescente, retirando a cama de aviário restante, sendo esta moída, e em seguida feito avaliação da concentração de N, P, K, conforme Tedesco et al. (1995).

Após a colheita do trigo, anualmente se procedeu uma coleta de solo, abrindo-se duas trincheiras na parcela, e com auxílio de uma pá de corte retirado uma amostra por trincheira, sendo feita a separação em quatro profundidades distintas (0-2,5; 2,5-5; 5-10 e 10-20 cm). Esses dois locais de coleta, em cada unidade experimental, formaram uma amostra composta. Nessas amostras foram

determinados o pH-CaCl₂ e os teores de P, K, Ca, Mg, Al e H+Al (PAVAN et al., 1992). A partir desses dados calculou-se a Soma de Bases, a Capacidade de Troca de Cátions à pH 7 e a Saturação por Bases.

Em sucessão ao trigo, em três anos do experimento foi implantada a cultura da soja e em um ano a cultura do feijão. A cultura da soja foi semeada nas safras 2011/12 (15/12/2011), 2012/13 (05/12/2012) e 2014/15 (19/11/2014); por sua vez, na safra verão 2013/14, o feijão foi semeado dia 20/02/2014. A semeadura da soja e do feijão sempre foi realizada sobre os restos culturais do trigo, com o intuito de se avaliar o efeito residual da cama de aviário, sem qualquer adubação química.

A cultivar de soja utilizada nos três anos foi a BMX Turbo RR, com 15,4 sementes por metro linear ou 342.222,21 plantas por hectare, no espaçamento de 0,40 m entre linhas. A colheita foi realizada coletando-se a parte central de cada parcela, numa área de 3,6 m². As amostras foram pesadas e após correção de umidade para 13%, determinou-se produtividade por ha. A cultivar de feijão utilizada na safra 2013/14 foi a IAC imperador com 12 sementes por metro linear, utilizando espaçamento de 0,40 m entre linhas. A colheita foi realizada coletando-se a parte central de cada parcela, numa área de 10 m².

Os dados foram submetidos à análise de variância, com as médias de épocas comparadas pelo teste de Tukey e médias de doses avaliadas por análise de regressão, ambas a 5 %.

Para ano de 2014 o experimento se tornou um sub-subfatorial, sendo as médias de épocas e da aplicação de nitrogênio em cobertura comparadas pelo teste de Tukey e médias de doses de cama de aviário avaliadas por análise de regressão, ambas a 5 %.

As análises foram feitas no Programa estatístico Assistat e os gráficos feitos com o programa sigmaplot.

5.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Características químicas do solo

As diferentes épocas de aplicação de cama de aviário (0, 15, 30 e 45 DAS do trigo) não influenciaram nos resultados dos parâmetros químicos do solo em nenhum ano de avaliação do experimento. No entanto, respostas significativas foram observadas para as doses crescentes de cama de aviário, que promoveram mudanças expressivas nos parâmetros químicos do solo.

O pH aumentou linearmente com as doses de cama de aviário, especialmente na camada superficial do solo (0 – 2,5 cm), em cerca de 0,2 unidade entre a testemunha e a maior dose. No quarto ano de avaliação já foi possível observar efeito no pH até os 5 cm de profundidade, o que mostra que a utilização da cama de aviário por vários anos provocou um efeito em profundidade (Figura 01).

O efeito positivo do uso da cama de aviário sobre o pH do solo decorre do uso da cal virgem. Para cada lote de criação são utilizados, em média, 0,5 kg/m² de cal, sendo que no final de um período de criação de aproximadamente 10 lotes resultarão em 5 kg/m² de CaO utilizado para a desinfecção dos aviários. Na reação da cal (CaO), presente na cama de aviário, com a água do solo, ocorre a formação de hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂), que reage com os íons H⁺ aumentando o pH do solo. Devido a presença da cal percebe-se que o próprio pH da cama de aviário é alcalino e, nesse trabalho, atingiu valores próximos a 8 (Tabela 04). A mistura da cal com a cama de aviário acaba produzindo um composto que tem efeito na correção da acidez do solo.

Em função desses resultados, é importante que o produtor esteja atento, através de um acompanhamento contínuo com análises do solo, para evitar usos sucessivos de cama de aviário + calagem, uma vez que a sobreposição do efeito desses dois produtos pode levar a valores muito altos de pH do solo, comprometendo o rendimento das culturas por deficiências nutricionais.

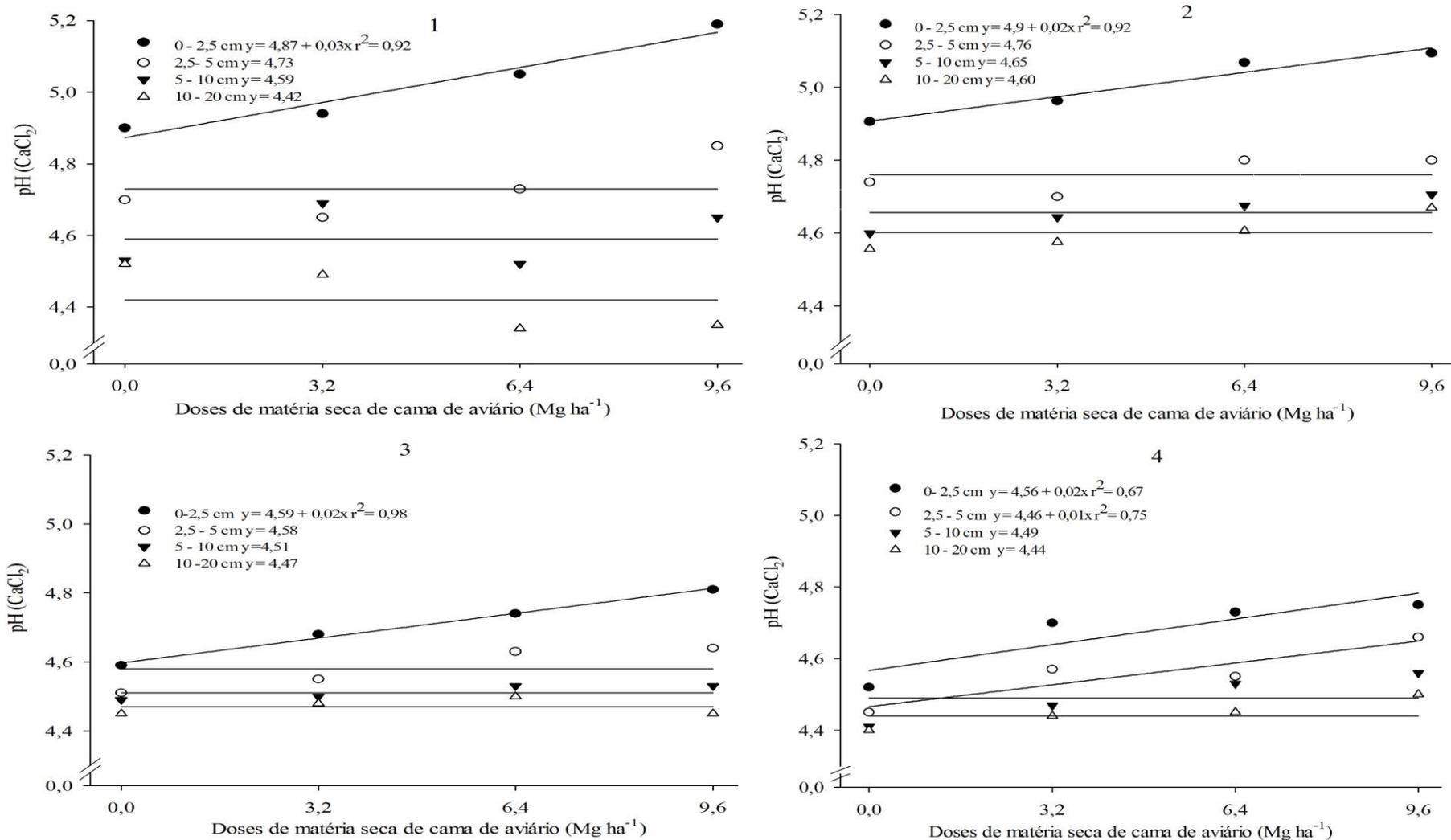


Figura 01- pH do solo em quatro profundidades e quatro doses de cama de aviário; (1) primeiro ano de aplicação; (2) segundo ano de aplicação; (3) terceiro ano de aplicação; (4) quarto ano de aplicação (média de quatro épocas de aplicação). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016

Já são amplamente conhecidos os efeitos do calcário na correção da acidez do solo (PÁDUA et al., 2008), na diminuição do efeito tóxico do Al (ZAMBROSI et al., 2007) e na elevação da saturação por bases (SORATTO; CRUSCIOL, 2008). Devido a relação linear e diretamente proporcional entre pH e saturação por bases, verificou-se que esta última aumentou com a elevação das doses de cama de aviário, com efeitos significativos apenas na camada superficial do solo (0 - 2,5 cm) (Figura 02). Dependendo do ano de avaliação esse aumentou variou entre 5 a 10%.

Em outros trabalhos já se verificou que o efeito da aplicação superficial de calcário, restringiu-se às camadas de 0–10 cm, 12 meses após aplicação, (CAIRES et al., 1998) e 30 meses (ALLEONI et al., 2005), e 0–5 cm, 34 meses após a aplicação de corretivo na superfície (PÖTTKER; BEN, 1998). Segundo Raji et al. (1996), a reação do calcário é restrita a uma pequena distância do local da aplicação, assim o benefício máximo é obtido com a aplicação antecipada, distribuição uniforme e a incorporação profunda, o que levaria as vantagens do calcário para profundidades maiores em menor tempo. No entanto, a incorporação do calcário ao solo, mediante revolvimento com arações e gradagens, altera as características físicas do solo, diminuindo a porosidade, a distribuição de tamanho e a estabilidade dos agregados, além de destruir os canais resultantes do crescimento radicular e da atividade biológica, o que prejudica a infiltração de água, aumentando o escoamento superficial e facilitando a erosão (HERNANI; KURIHARA; SILVA, 1999; STONE; SILVEIRA, 1999).

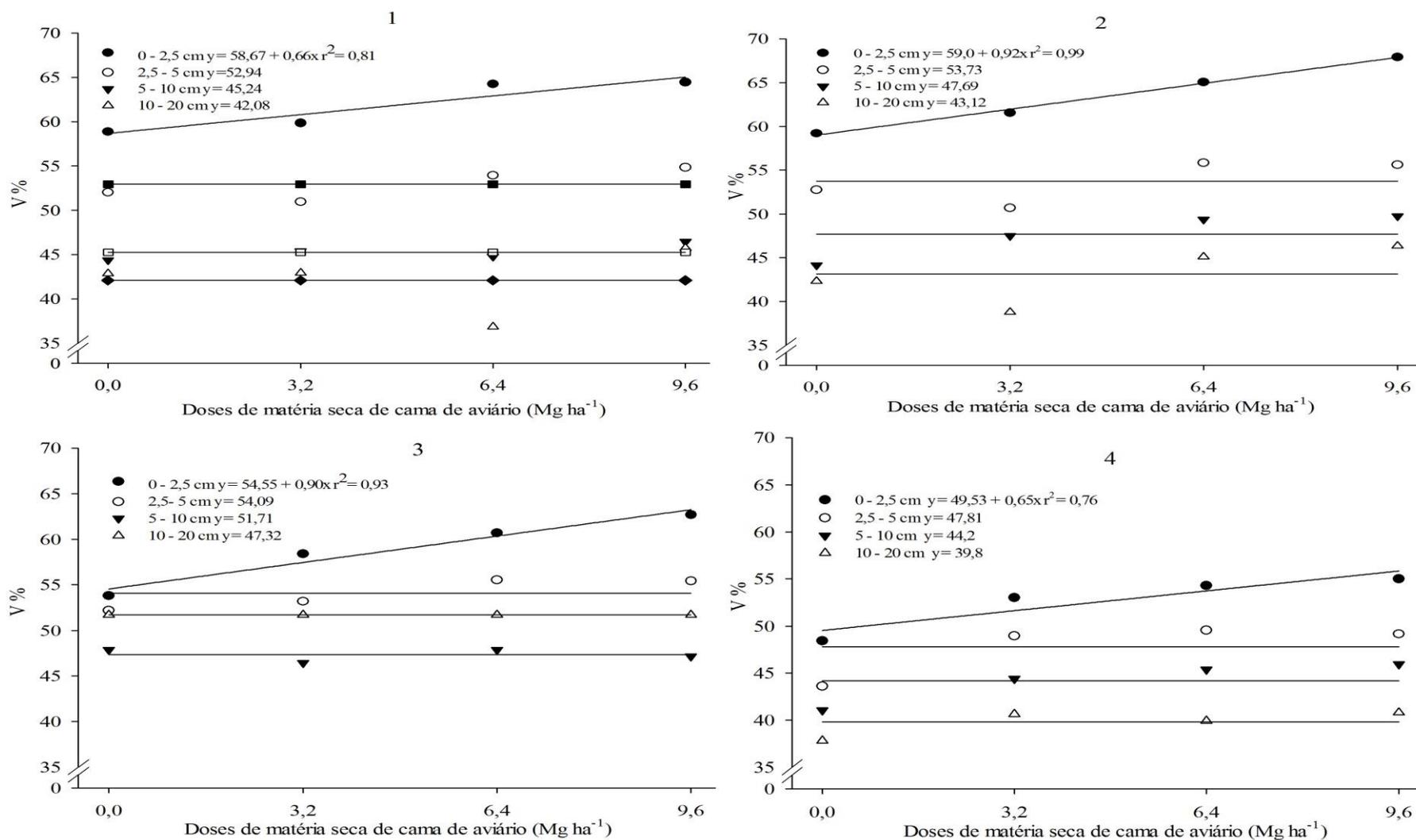


Figura 02 - Saturação por Bases do solo em quatro profundidades e quatro doses de cama de aviário; (1) primeiro ano de aplicação; (2) segundo ano de aplicação; (3) terceiro ano de aplicação; (4) quarto ano de aplicação (média de quatro épocas de aplicação). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016.

Assim como houve aumento da saturação por bases, a CTC (Figura 03) também aumentou na primeira profundidade (0-2,5cm), e para o quarto ano de avaliação já foi possível obter resultados com aumento no valor da CTC até a segunda profundidade (2,5-5 cm) com a elevação dos níveis de cama de aviário utilizada; isso se deve ao fato da cama de aviário ter bons valores de potássio e cálcio os quais são componentes da CTC; desta forma o aumento na adubação orgânica promoveu um acréscimo na concentração destes elementos no solo.

Vale destacar que os valores de CTC deste solo, mesmo sem aplicação de cama de aviário, podem ser considerados de médios a altos, especialmente na camada superficial. Mesmo assim a cama de aviário foi eficiente em promover aumentos nesses valores. Em solos intemperizados, como os que ocorrem no Sul do Brasil, a maior capacidade de retenção e troca de cátions é fundamental para se evitar perdas de nutrientes por lixiviação.

A concentração de fósforo aumentou significativamente nas primeiras profundidades. Na camada superficial de 0-2,5 cm, no primeiro ano avaliado subiu de 24 para 100 mg dm⁻³, nas doses 0 e 9,6 Mg ha⁻¹ respectivamente. Para o segundo ano o efeito foi mais pronunciado, aumentando de 38 para 239 mg dm⁻³, no terceiro e quatro anos ocorreu um efeito pronunciado até a terceira profundidade (5 – 10 cm), mostrando um efeito em profundidade com o passar dos anos de aplicação (Figura 04).

No quarto ano de avaliação do experimento (2014), as equações de regressão demonstram que para cada Mg ha⁻¹ de cama de aviário aplicada ao solo representou um aumento de 12,77, 2,77 e 0,76 mg dm⁻³ de fósforo nas camadas de 0-2,5, 2,5-5,0 e 5-10 cm, respectivamente. Essa movimentação de fósforo no solo pode estar associada à pequena incorporação da cama de aviário no momento da semeadura do trigo, ou mesmo por efeito dos organismos do solo, especialmente da macrofauna, carreando fósforo para camadas subsuperficiais.

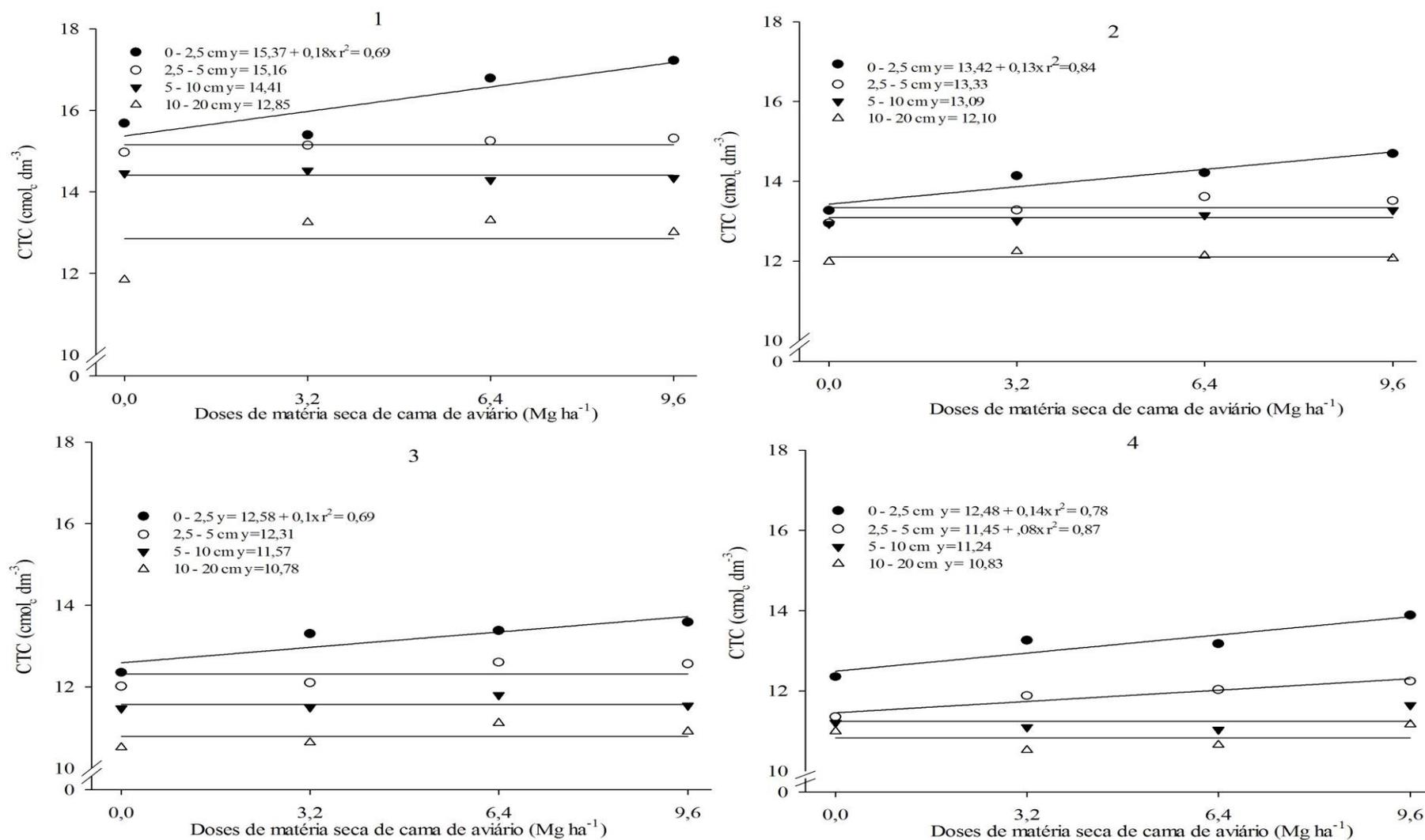


Figura 03 - CTC do solo em quatro profundidades e quatro doses de cama de aviário; (1) primeiro ano de aplicação; (2) segundo ano de aplicação; (3) terceiro ano de aplicação; (4) quarto ano de aplicação (média de quatro épocas de aplicação). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016.

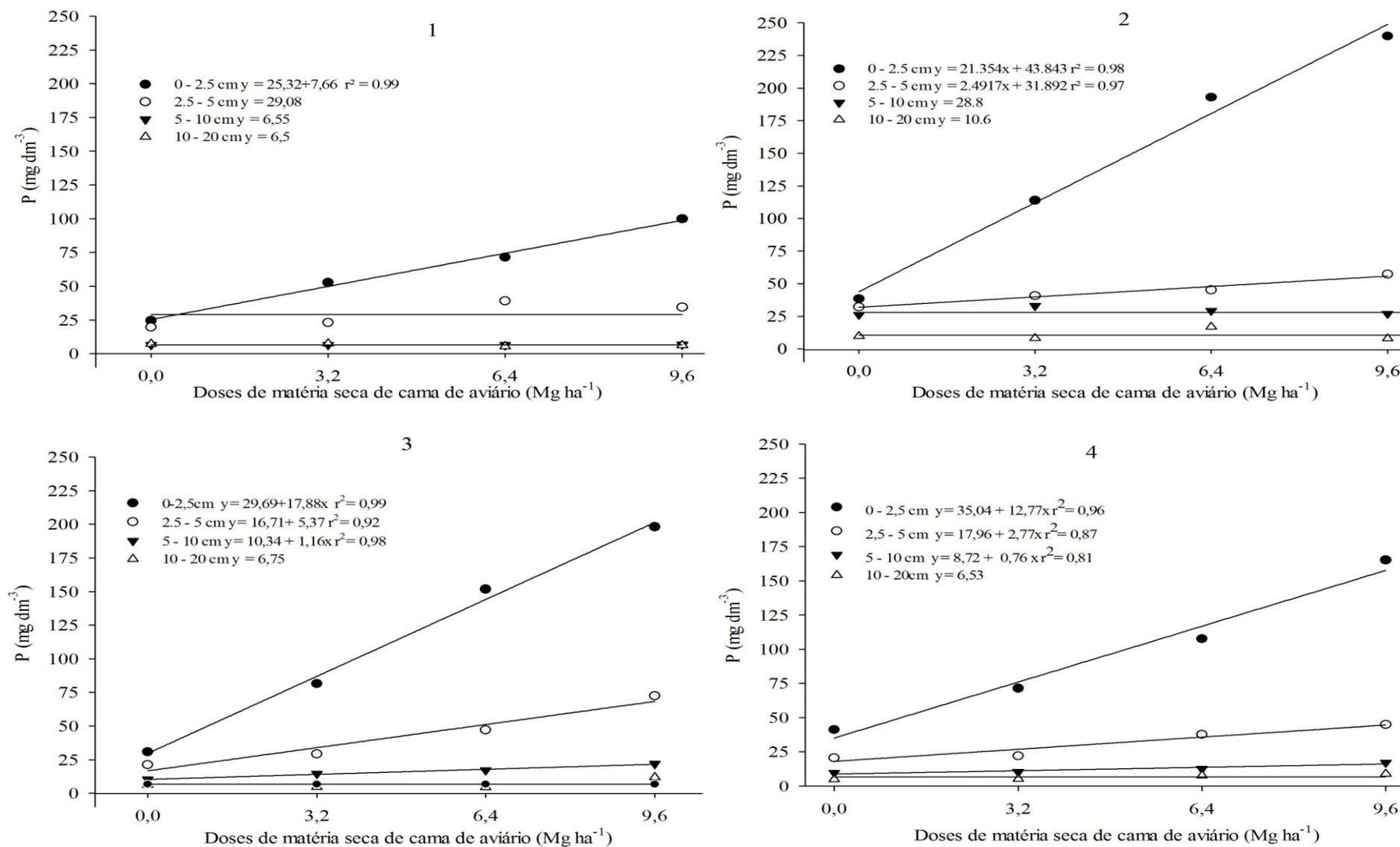


Figura 04 - Fósforo do solo em quatro profundidades e quatro doses de cama de aviário; (1) primeiro ano de aplicação; (2) segundo ano de aplicação; (3) terceiro ano de aplicação; (4) quarto ano de aplicação (média de quatro épocas de aplicação). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016.

No quarto ano de avaliação desse experimento, a cama de aviário apresentou, 1,63% de fósforo, similar ao encontrado por Adami (2012), de 1,76%, e por Andreotti et al. (2005), de 1,65% de fósforo na sua composição. Isso significa que, na maior dose de cama de aviário, foram aplicados 352 Kg de P_2O_5 ha^{-1} , totalizando 1756,1 kg de P_2O_5 ha^{-1} , na soma dos quatro anos de aplicação (Tabela 05). Considerando que 80% do fósforo contido na cama de aviário já é liberada para o primeiro cultivo (CQFS – RS/SC, 2004), isso explica o aumento no teor deste nutriente, principalmente na camada superficial do solo (0-2,5 cm).

Independente das profundidades, percebe-se que os teores de fósforo no solo são considerados altos, sempre acima de 6 mg dm^{-3} mesmo no tratamento testemunha, sem aplicação de cama de aviário. Na camada superficial esse valor, em média, era de cerca de 30 mg dm^{-3} . Com isso se quer chamar a atenção de que, com o uso de cama de aviário os teores de fósforo, mesmo já sendo altos, atingem valores bastante expressivos, tornando ainda mais fundamental o manejo adequado dos solos de forma a se evitar perdas por erosão que poderiam carrear esse fósforo para as águas superficiais, causando danos ambientais através da eutrofização das águas. Em função disso, se reforça a afirmação de que o uso de cama de aviário, em que pese os seus efeitos benéficos sobre a fertilidade do solo, deve ser usado com critérios técnicos, evitando desequilíbrios nutricionais que venham a comprometer o desenvolvimento das plantas.

Para a concentração de potássio no solo (Figura 05), este apresentou maior alteração em profundidade, sendo constatado aumento nos seus teores até 20 cm de profundidade, logo no segundo ano de experimento, possivelmente pela alta mobilidade do nutriente no solo, já que, segundo Ernani et al. (2007) o K tem uma taxa de movimentação no solo superior ao N. Além disso, a liberação do potássio da cama para o solo é muito rápida, conforme constatado por Adami (2012) que, em experimento com sacos de decomposição, avaliando a liberação de nutrientes pela cama de aviário, verificou que cerca de 90% do potássio da cama é liberado para o solo até os 60 dias após aplicação, sendo o nutriente com maior taxa de liberação. Assim, o potássio fica rapidamente disponível podendo se movimentar no perfil do solo, isso pode representar um risco de perda do nutriente, pois em condições desfavoráveis o potássio pode ser perdido por lixiviação alcançando profundidades não ocupadas pelas raízes das plantas

(SANZONOWICZ; MIELNICZUK, 1985).

A análise da cama aplicada indicou, em média, 2,63% de potássio (Tabela 04), que num total soma, até o quarto ano de aplicação, 1216 kg ha⁻¹ de K₂O (Tabela 05), no maior nível de cama de aviário. Este fato pode explicar a diferença na concentração deste nutriente nas diferentes camadas e nas diferentes doses de cama de aviário. Segundo Ceretta et al. (2003) estes resultados são decorrentes da utilização de dejetos animais como fertilizantes orgânicos em áreas agrícolas.

Para o terceiro ano em estudo na dose de 9,6 Mg ha⁻¹ ocorreu redução da concentração de potássio principalmente nas primeiras profundidades, este fato pode estar ligado a uma possível percolação do nutriente em profundidade, mostrando indícios de lixiviação do nutriente; o ano de 2013 teve altos índices de precipitação com 417 mm apenas no mês de junho (Tabela 03). Em experimento com colunas de solo até 40 cm de profundidade, com textura argilosa e textura média, submetidas a doses de potássio, e a uma precipitação semanal de 100 mm, Werle et al. (2008) relataram que o solo de textura média resulta em maior intensidade de lixiviação, evidenciando a rápida lavagem do nutriente. Já no solo argiloso, essa intensidade de lixiviação tende a ser mais constante, ou seja, apesar das maiores quantidades de K percolado com o passar das aplicações de água, esse tipo de solo inicialmente teve a capacidade de reter maiores quantidades de K, mesmo apresentando teores iniciais superiores; porém nos dois solos houve percolação de potássio além dos 40 cm de profundidade.

Aqui não foram avaliadas profundidades superiores as 20 cm, porém o fato de ter ocorrido resultados significativos das doses até os 20 cm, já no segundo ano de experimento, este nutriente pode ter percolado para profundidades superiores, sendo importante sempre à adubação baseada na concentração do elemento no solo e a necessidade da cultura que vai ser implantada para evitar perdas do nutriente além de camadas exploradas pelas raízes.

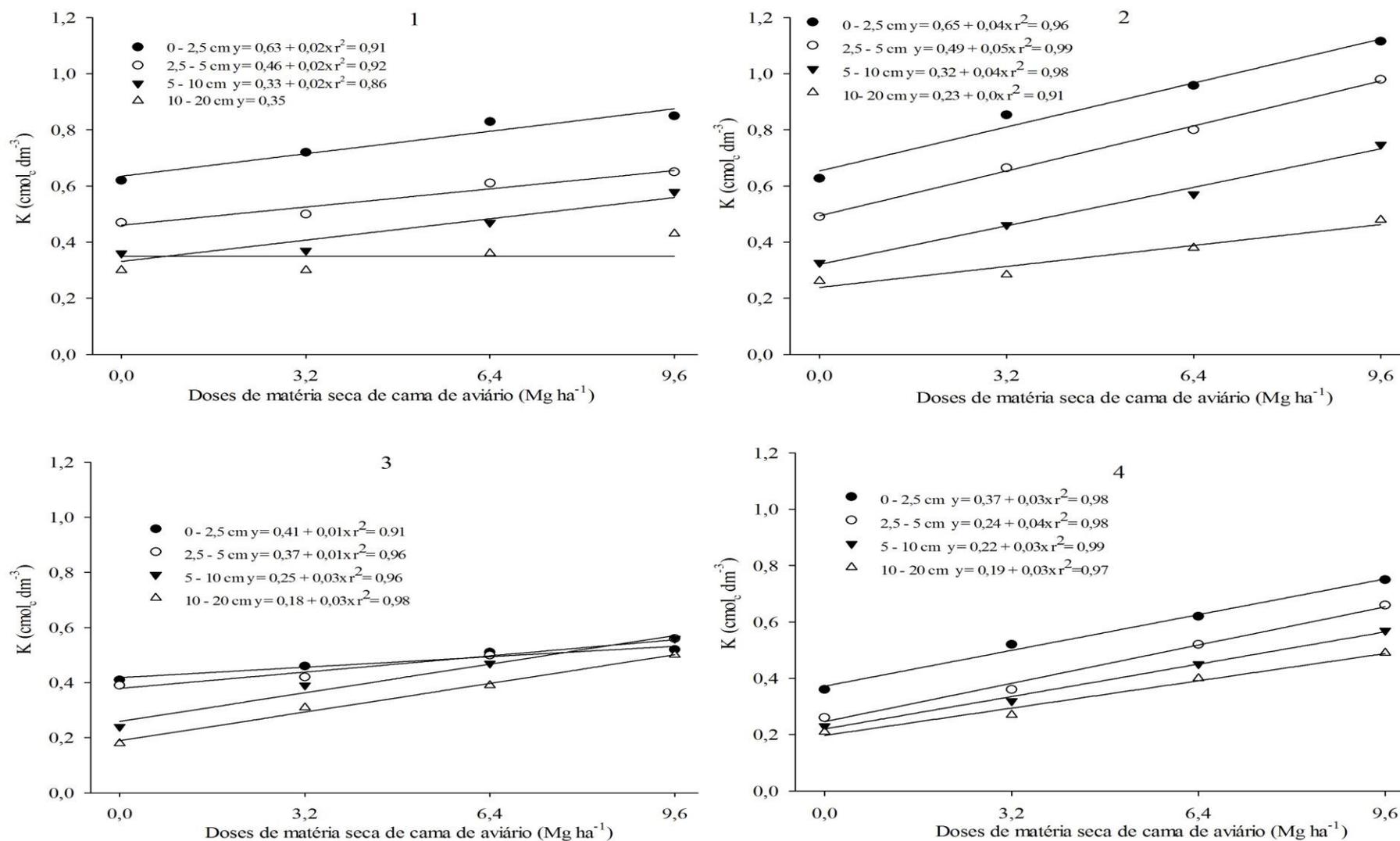


Figura 05 - Potássio do solo em quatro profundidades e quatro doses de cama de aviário; (1) primeiro ano de aplicação; (2) segundo ano de aplicação; (3) terceiro ano de aplicação; (4) quarto ano de aplicação (média de quatro épocas de aplicação). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016.

O potássio é de grande importância para a produção das culturas sendo o segundo nutriente mineral requerido pelas plantas em termos de quantidade (MARSCHNER 1995). Bataglia; Mascarenhas (1977) verificaram que as maiores taxas de absorção deste nutriente ocorreram na fase vegetativa da cultura da soja, com extrações da ordem de $1,20 \text{ kg ha}^{-1}$ dia de K sendo que para cada tonelada de grãos produzidos, estimou-se uma exigência de cerca de 28 kg de K_2O , sendo 60 % destes exportados via colheita para a soja. Para Embrapa (2002) a soja retira aproximadamente 20 kg de K_2O para cada tonelada de grãos produzida. No trigo para uma produtividade de 2000 kg ha^{-1} são necessários 76 kg ha^{-1} de K_2O dos quais 10 kg ha^{-1} são exportados pelos grãos e 42 reciclados pela palha e raízes (MALAVOLTA, 1977).

Neste experimento a média de rendimento do trigo nos três anos avaliados para maior dose de cama de aviário utilizada foi de 2492 kg ha^{-1} , e para a soja esta mesma média foi de 3441 kg ha^{-1} ; para alcançar tais produtividades é necessário, para o trigo $52,33 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O , e para soja $130,75 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O (Embrapa soja, 2011), somando $183,1 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O para as duas culturas anualmente. Considerando que para a maior dose utilizada de cama foi aplicado 336 kg ha^{-1} de K_2O anualmente isso representa uma aplicação excessiva de 152 kg ha^{-1} de K_2O , sendo esta quantidade de nutriente além da necessidade destas culturas para a produtividade que foi obtida, podendo representar assim um risco de perdas deste nutriente.

Para os valores de cálcio (Figura 06), e magnésio (Figura 07) só se verificou resultados significativos para as doses avaliadas, na primeira profundidade (0-2,5 cm). Com o aumento da dose de cama de aviário aplicada, houve aumento na concentração de cálcio no solo. Estes valores de Ca corroboram com os de Holanda et al. (1982) que observaram aumento dos níveis Ca, quando utilizaram esterco de poedeira, podendo ser devido o uso da cal virgem (CaO) na desinfecção dos aviários que aumentou a concentração de Ca no solo, conforme ocorreu aumento da dose de cama de aviário utilizada. A exceção foi o terceiro ano de avaliação, onde ocorreu aumento de cálcio também na camada de 2,5-5,0 cm (Figura 06).

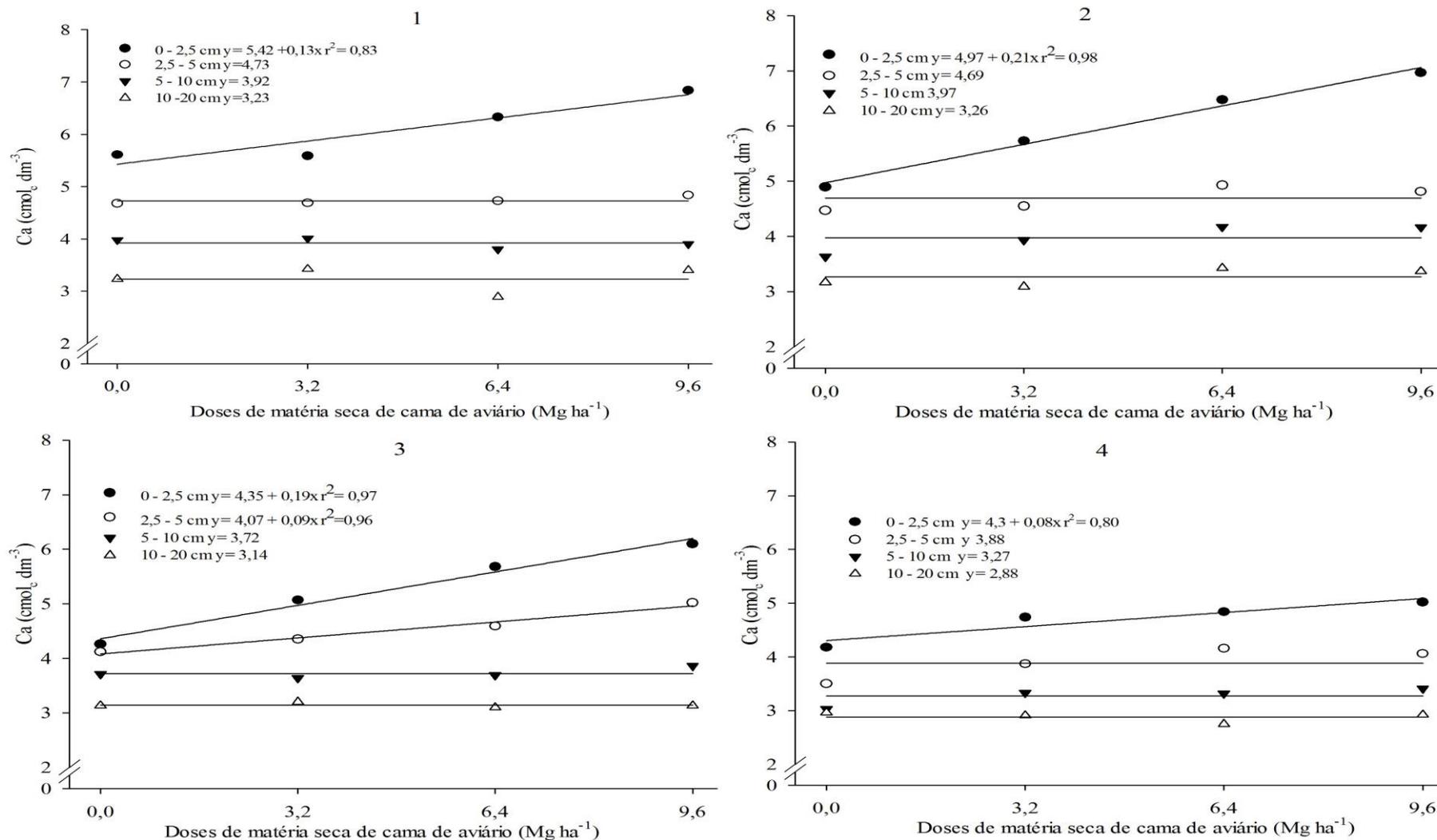


Figura 06 – Cálcio do solo em quatro profundidades e quatro doses de cama de aviário; (1) primeiro ano de aplicação; (2) segundo ano de aplicação; (3) terceiro ano de aplicação; (4) quarto ano de aplicação (média de quatro épocas de aplicação). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016.

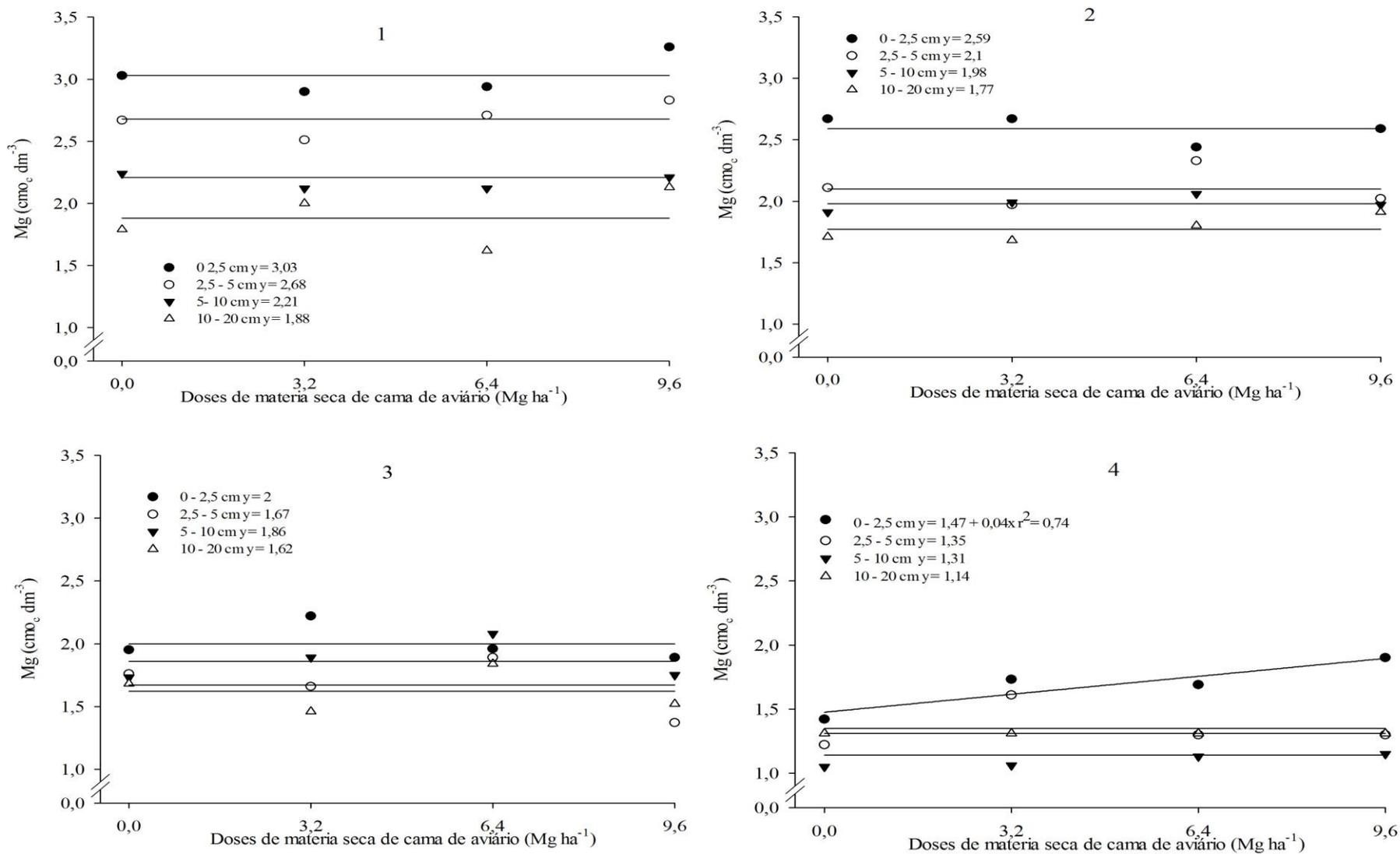


Figura 07 – Magnésio do solo em quatro profundidades e quatro doses de cama de aviário; (1) primeiro ano de aplicação; (2) segundo ano de aplicação; (3) terceiro ano de aplicação; (4) quarto ano de aplicação (média de quatro épocas de aplicação). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016.

A análise média da cama aplicada indicou 1,93% de cálcio, o que resulta em uma quantidade de 185 kg ha^{-1} de Ca para a maior dose utilizada (aplicados anualmente). Este fato pode explicar a diferença na concentração deste nutriente nas diferentes camadas e nas diferentes doses de cama de aviário. A importância da presença do Ca^{2+} em profundidade se deve à sua função no crescimento radicular, pela ação na divisão celular e por esse elemento ser imóvel na planta (HAWKESFORD et al., 2012) e também pela absorção significativa e quase exclusiva pela coifa da raiz (TAIZ; ZEIGER, 2009). Dessa maneira, o Ca absorvido pelas raízes superficiais não atende as necessidades das raízes profundas, caso essas estejam em ambiente deficiente desse nutriente.

Para o magnésio (Figura 07) nas doses utilizadas foi possível verificar diferença significativa apenas para a primeira profundidade (0-2,5 cm) no quarto ano de avaliação, onde ocorreu aumento nas concentrações deste elemento conforme o aumento da dose de cama de aviário utilizada. A média da análise da cama aplicada indicou 0,51 % de magnésio, quantidade bem menor que as observadas para outros elementos como o potássio (2,63%), o que pode ter influenciado para os valores deste elemento, e assim apenas ocorrendo diferença significativa para o quarto ano, após aplicação de quatro anos consecutivos de cama de aviário.

Para a soma de bases (Figura 08) também não ocorreu diferença para épocas de aplicação avaliadas, ocorrendo alterações significativas apenas para as doses testadas. O uso da cama de aviário promoveu aumento na soma de bases principalmente na primeira profundidade, isso porque a soma de bases é composta por potássio, cálcio e magnésio, todos os elementos presentes na cama de aviário promovendo um aumento nos níveis destes nutrientes, e assim também na soma de bases.

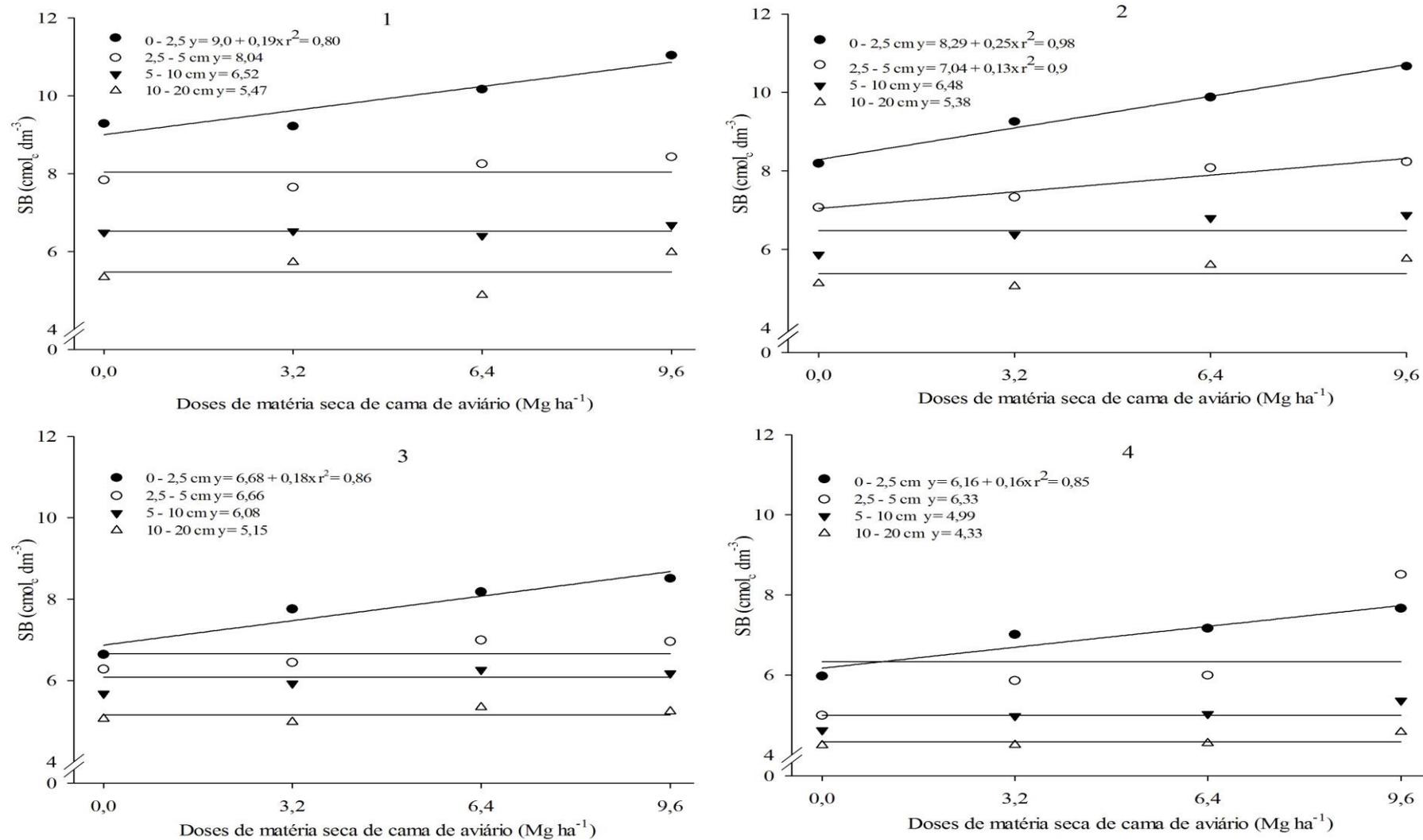


Figura 08 – Soma de Bases do solo em quatro profundidades, e quatro doses de cama de aviário; (1) primeiro ano de aplicação; (2) segundo ano de aplicação; (3) terceiro ano de aplicação; (4) quarto ano de aplicação (média de quatro épocas de aplicação). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016.

5.2 Decomposição do resíduo e liberação dos nutrientes da cama de aviário

A decomposição da cama de aviário foi avaliada apenas no último ano do experimento, na safra agrícola 2014/2015. Com relação à matéria seca remanescente ocorreu efeito do fator tempo de alocação a campo, ocorrendo decréscimo da mesma ao longo do tempo, porém mesmo após 120 dias de alocação a campo o resíduo não passou dos 20% de decomposição (Figura 09).

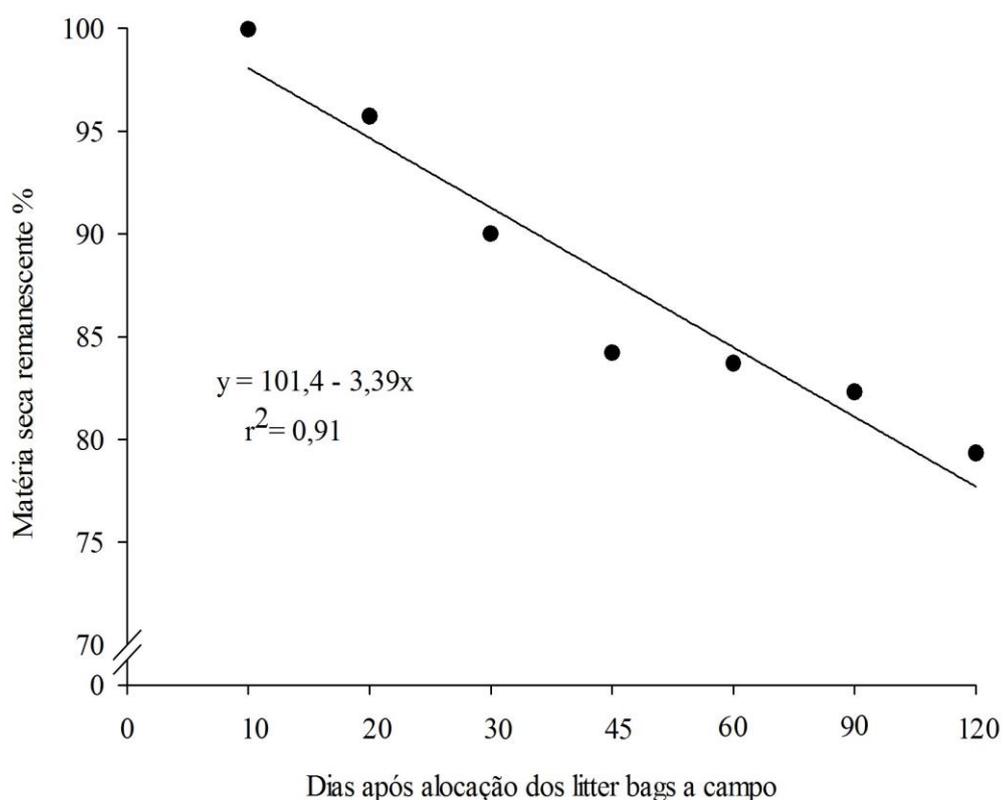


Figura 09 – Matéria seca remanescente de cama de aviário em litter bags sob diferentes doses após vários intervalos de alocação no campo. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016.

Após 30 dias de alocação a campo a MS reduziu em torno de 10% sendo menor do que em experimento de Gilmour et al. (2004), onde ao final do primeiro mês de incubação dos sacos de decomposição no campo, 35% da matéria seca (MS) inicial já havia sido decomposta. Aqui se evidenciou uma decomposição lenta da matéria seca, isso devido ao fato de a composição da cama de aviário ser composta por maravalha, que pode ter dificultado a decomposição.

Adami (2012) constatou que 35% da matéria seca (MS) inicial já havia sido liberada a superfície do solo aos 30 dias após alocação ao campo, justificado pelo autor em função da ocorrência de 203 mm de chuva nos primeiros 30 dias após a incubação da cama de aviário a campo; neste experimento no primeiro mês de alocação a campo dos litter bags a precipitação foi pequena, 51,6 mm para o mês de agosto (Tabela 03) que pode ter reduzido à taxa de decomposição, a qual está ligada a umidade do solo e do resíduo. Além disso, tradicionalmente agosto é um mês que apresenta baixas temperaturas, o que pode ter afetado a atividade dos organismos decompositores.

Mesmo após 120 de alocação a campo a MS remanescente chegou a 80%, isso mostra um efeito residual por um longo tempo. Adami (2012) avaliou a decomposição até 365 dias de incubação a campo dos sacos de decomposição, a porcentagem de matéria seca residual da cama de aviário foi de 27,5% comprovando assim o efeito residual em longo prazo da cama de aviário no solo devido sua decomposição lenta.

As doses crescentes de cama de aviário não influenciaram a taxa de liberação de nitrogênio e de fósforo. Houve apenas efeito isolado do fator tempo a campo, sendo que a concentração dos elementos foi reduzindo linearmente ao longo do tempo (Figura 10). Após 120 dias de alocação a campo, os teores de nitrogênio e de fósforo na cama de aviário reduziram 35% e 51%, respectivamente.

Para a liberação do potássio ocorreu interação entre os fatores doses e tempo de alocação a campo (Tabela 6). Nos primeiros 10 dias quanto maior a dose de cama de aviário menor a taxa de decomposição. Nessa época, com aplicação de $9,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ de cama de aviário ainda restava 88% do potássio. A partir dos 20 dias de alocação a campo, não houve mais efeito das doses e, de forma inversa, cerca de 80% do potássio já havia sido liberado; a liberação máxima (100%), independente da dose, ocorreu aos 60 dias da alocação a campo da cama de aviário.

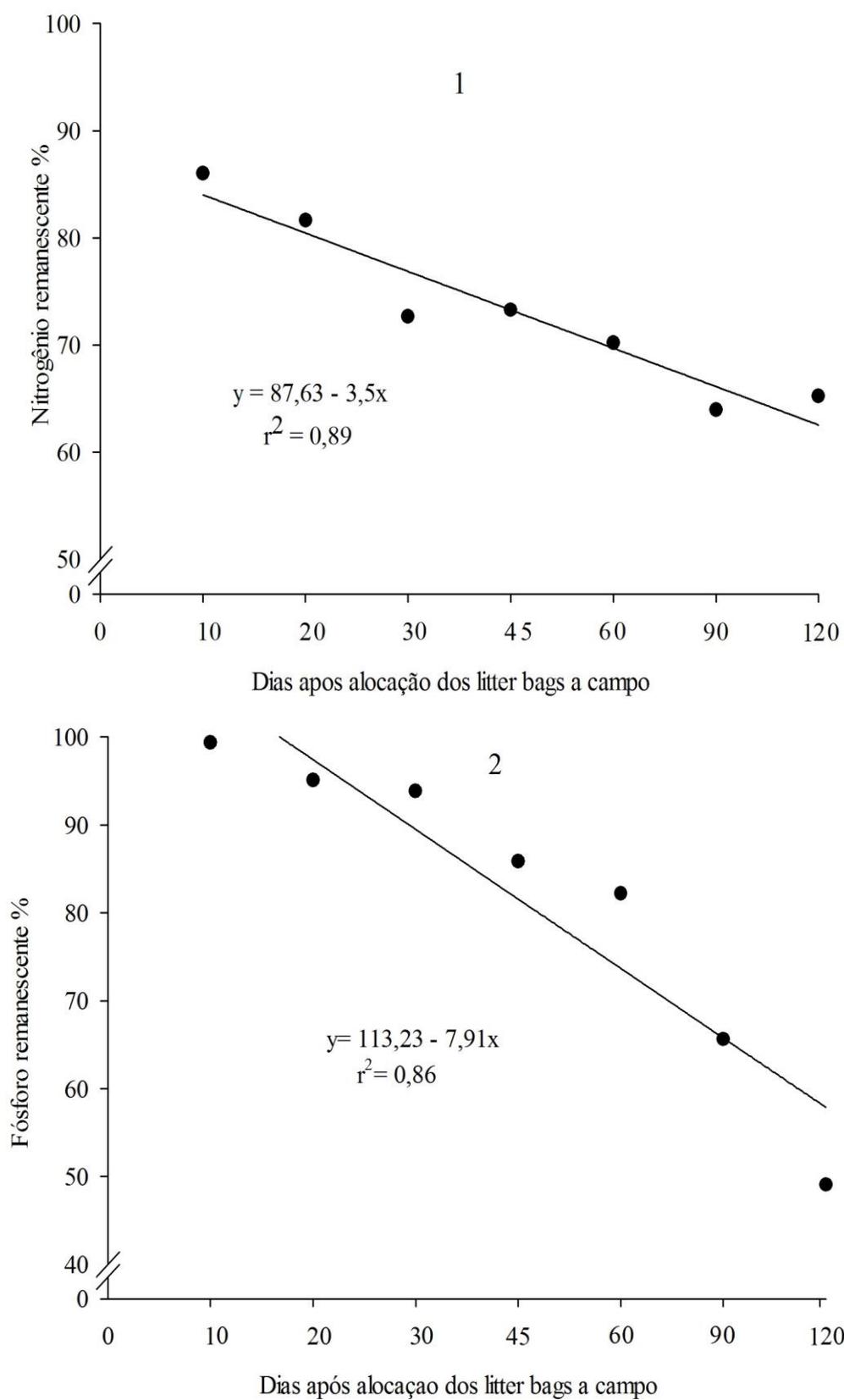


Figura 10 – Porcentagem de nitrogênio (1) e fósforo (2) de cama de aviário em litter bags sob diferentes doses após vários intervalos de alocação a campo. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016.

Tabela 6 – Porcentagem de potássio remanescente na cama de aviário em litter bags sob diferentes doses após vários intervalos de alocação no campo. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016.

Doses	Dias após alocação dos Litter Bags a campo						
	10	20	30	45	60	90	120
Mg/ha	Potássio remanescente %						
3,2	69,1 bA	14,8 aB	12,8 abB	4,6 aBC	0 aC	0 aC	0 aC
6,4	78,7 abA	24,4 aB	27,5 aB	2,1 aC	0,7 aC	0 aC	0 aC
9,6	88,3 aA	21,3 aB	14,8 bB	8,2 aBC	0 aC	0 aC	0 aC

* médias seguida de letras minúsculas não diferem entre si na coluna; médias seguida de letras maiúsculas não diferem entre si na linha, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Ao contrário do N e P o potássio não está associado a nenhum componente estrutural do tecido vegetal e sua ciclagem é mais simples e rápida (MARSCHNER, 1995) e assim, a mineralização não é um pré-requisito para sua liberação dependendo basicamente da chuva. Giacomini et al. (2003), avaliando a liberação de K dos resíduos de ervilhaca e nabo, observaram que 90 e 85% do potássio havia sido liberado já na primeira amostragem, 15 dias após a alocação a campo, demonstrando a rápida liberação do K ao solo.

Adami (2012) observou que 84 e 91% do K já havia sido liberado ao solo aos 15 e 30 dias após a alocação a campo, sendo que a precipitação ocorrida de 130 e 203 mm longo nos primeiros 15 e 30 dias, respectivamente, após a aplicação da cama de aviário, pode ter favorecido esta taxa de liberação do K ao solo.

A cama de aviário continha, em média, 2,63% de potássio o que para a maior dose corresponde a 340 kg de K₂O por hectare, e que esse nutriente foi liberado totalmente 60 dias após aplicação da cama, é importante a absorção por alguma cultura, para não ocorrer perdas deste nutriente.

Para Adami (2012) devido à rápida liberação inicial de nutrientes da cama, os teores de N, P e K disponíveis e não absorvidos pelas plantas estarão potencialmente susceptíveis a perdas pelo transporte da água na infiltração ou escoamento de superfície durante a chuva e por isto. Por conta disso, sugere-se que o momento da aplicação da cama coincida com os períodos de ativo crescimento das culturas a fim de combinar a máxima produtividade agrônômica com o mínimo de perdas de nutrientes.

5.3 Desenvolvimento de trigo em diferentes épocas de aplicação e níveis de cama de aviário nos três primeiros anos do experimento

5.3.1 Rendimento de grãos

Para as avaliações de rendimento nos dois primeiros anos do experimento ocorreu efeito significativo para os níveis de cama de aviário; quanto às épocas de aplicação não se verificou diferença significativa para o rendimento da cultivar BRS 220. Para o primeiro ano de experimento (Figura 11.1) a produtividade do trigo aumentou 510 kg ha^{-1} ($8,5 \text{ sc ha}^{-1}$) na maior dose ($9,6 \text{ Mg ha}^{-1}$) de cama utilizada em relação a testemunha, sendo que a produtividade para a maior dose foi de 2022 Kg ha^{-1} , abaixo da média paranaense, que foi de 2399 kg ha^{-1} (CONAB 2012).

Essa menor produtividade no experimento se justifica pela data de semeadura, a qual foi realizada no dia 17/07/2011, sendo considerado um período tardio para a cultura. De acordo com Wendt et al. (1991), o efeito da época de semeadura na produtividade de trigo decorre de maior ou menor interação da planta com o ambiente. Esses autores, avaliando nove épocas de semeadura de trigo no RS, verificaram que os melhores rendimentos, independentemente do genótipo, foram obtidos na 1ª época (24 de abril), com 6.010 kg ha^{-1} , e na 2ª época (9 de maio), com 5.496 kg ha^{-1} .

Viganó et al. (2011), avaliando cinco épocas de semeadura sobre o desempenho de seis cultivares de trigo na região de Palotina –PR, concluíram que, em geral, para o rendimento de grãos, as épocas mais apropriadas ao plantio foram àquelas realizadas no mês de abril, para os dois anos avaliados (2006 e 2007), sendo um indicativo de que esta seria a época preferencial de semeadura do trigo na região.

No entanto, é importante ressaltar que não foi utilizado nenhum tipo de adubação em cobertura, apenas as doses de cama de aviário antecedendo o plantio e mesmo assim, mostrou-se responsiva a adubação com cama de aviário.

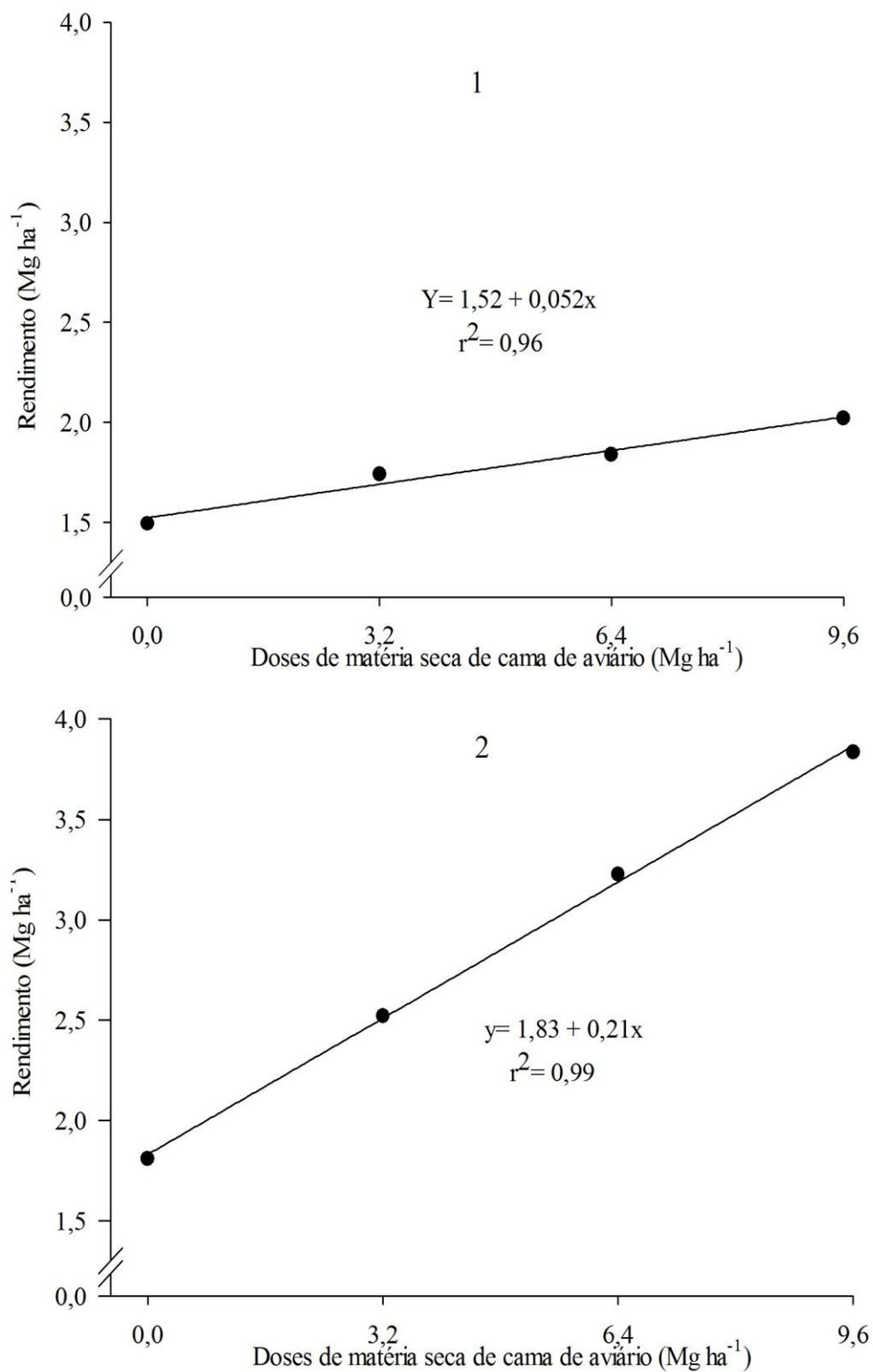


Figura 11 – Rendimento de trigo cultivar BRS 220 em quatro doses de cama de aviário; (1) primeiro ano de aplicação (2011); (2) segundo ano de aplicação (2012) (média de quatro épocas de aplicação). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016.

Para o segundo ano de experimento (Figura 11.2) também ocorreu efeito significativo dos níveis de cama de aviário, sem expressão das épocas. O rendimento de trigo variou de 1830 a 3846 kg ha⁻¹ com 0 e 9,6 Mg ha⁻¹, respectivamente, conforme a equação de regressão, uma diferença de 2016 Kg ha⁻¹. Nesse ano, a produtividade obtida no experimento superou a média paranaense, que foi de 2730 kg ha⁻¹ (CONAB, 2013), mesmo o trigo BRS 220 tendo sido semeado tardiamente, em 13/07/2012.

Resultados de incrementos de produtividade também foram obtidos por Konzen (2003) trabalhando diferentes doses de cama de aviário e adubação mineral na cultura do milho. Figueroa (2008) observou que em área com elevada fertilidade do solo, com teor de 3,1% de matéria orgânica, manejado há vários anos sob o sistema plantio direto, houve diferença no rendimento de grãos de trigo, variando de 3.196 kg ha⁻¹ com 0 Mg ha⁻¹, para 4.228 kg ha⁻¹ com aplicação de 2,8 Mg ha⁻¹ de cama de aviário.

No ano de 2013, por problemas operacionais, não foi possível fazer a colheita do trigo, porém as aplicações de cama de aviário, a coleta de solos e o plantio da cultura de verão para avaliação do efeito residual da cama de aviário foram feitos normalmente seguindo o protocolo experimental.

5.3.2 Componentes de rendimento

O peso de mil sementes, no primeiro ano de experimento (2011), não foi influenciado pelos diferentes níveis de cama de aviário e sim pelas diferentes épocas de aplicação (Tabela 7). Os maiores valores foram encontrados na aplicação no dia da semeadura com 31,42 gramas e o menor valor encontrado, 29,09 gramas, para 45 dias antes da semeadura que não diferiu das demais épocas.

Tabela 7 – Peso de mil sementes de trigo cultivar BRS 220 sob diferentes épocas de aplicação de cama de aviário (média de quatro doses). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016

Épocas Aplicação (DAS) ⁽¹⁾	Peso de Mil Sementes, g
45	29,09 b*
30	29,52 b
15	29,52 b
0	31,42 a

⁽¹⁾ DAS = dias antes da semeadura. * médias seguida de letras minúsculas não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

A liberação dos nutrientes pela cama no solo é lenta, devido ao fato da mesma precisar passar pelo processo de mineralização. O maior peso de mil sementes observado quando a cama foi aplicada ao solo no dia da semeadura pode ser explicado pelo fato dos nutrientes terem sido disponibilizados no momento de enchimento dos grãos da espiga, sendo que a quantidade de N encontrada na cama de aviário foi alta, próximo a 3% de N, na média dos quatro anos.

As épocas que antecederam a semeadura tiveram uma liberação de nutrientes em maior quantidade no período vegetativo, como foi o caso do potássio (Tabela 06), onde ocorreu liberação maior dos nutrientes nos primeiros 30 e 45 dias e também para o nitrogênio (Figura 10.1) que teve um maior pico de liberação aos primeiros 30 dias, assim contribuindo para o maior número de espiguetas e perfilho das plantas de trigo, causando uma competição dos nutrientes e dos fotoassimilados enviados aos grãos.

Para o segundo ano de experimento 2012 o peso de mil sementes teve resposta significativa apenas para as doses avaliadas, não apresentando dados significativos para as épocas (Figura 12). O peso de mil grãos se comportou de maneira quadrática apresentando valores de 33,4, 35,8, 36,9 e 37,4 gramas com 0, 3,2, 6,4 e 9,6 Mg ha⁻¹ de cama de aviário, respectivamente.

O peso de mil grãos é um fator pré-determinado geneticamente pela planta sofrendo incremento até certo ponto em que as exigências nutricionais, condições climáticas, entre fatores forem supridos; com a adição de cama de aviário ocorreu incremento no peso de mil grãos até a dose de 9,6 Mg há-1 tendendo a se estabilizar em maiores doses.

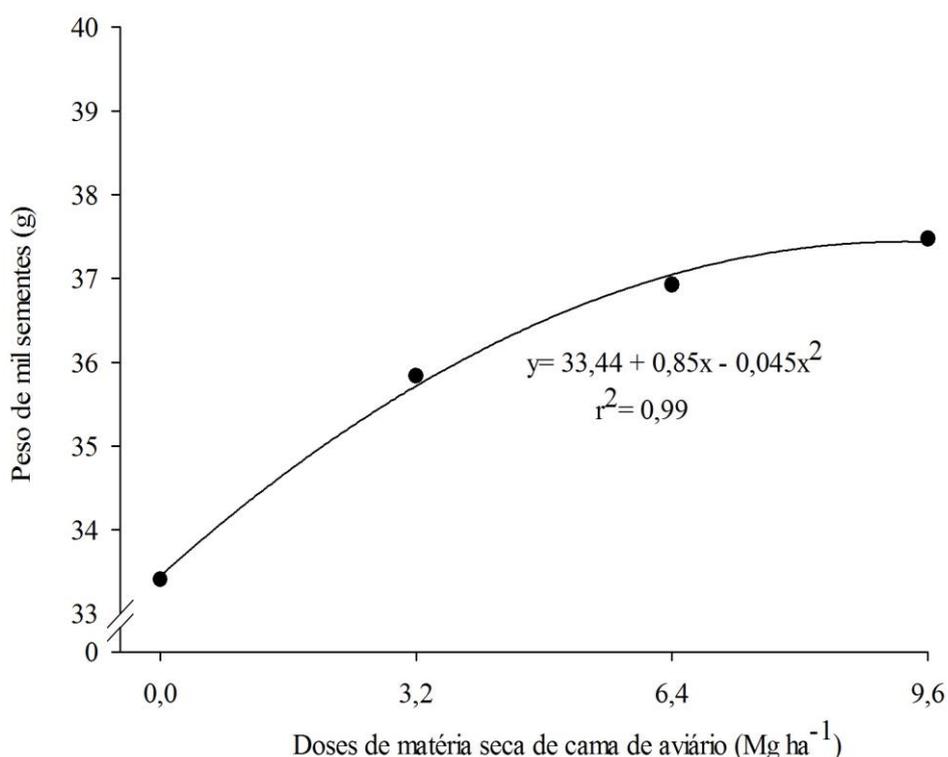


Figura 12 – Peso de mil sementes de trigo cultivar BRS 220 em quatro doses de cama de aviário, no segundo ano de aplicação (2012) (média de quatro épocas de aplicação). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016.

5.4 Desenvolvimento de trigo em diferentes épocas de aplicação e doses de cama de aviário, com e sem nitrogênio em cobertura.

Na safra de 2014 o experimento foi fragmentado, com a divisão das subparcelas, para aplicação de nitrogênio em cobertura. O rendimento de matéria seca das plantas de trigo na safra de 2014, foi influenciado, isoladamente pelos fatores níveis de cama de aviário e aplicação de nitrogênio em cobertura. Com o aumento das doses de cama de aviário aplicada ocorreu acréscimo na produção de matéria seca pelo trigo, ou seja, ocorreu um melhor desenvolvimento da cultura, possivelmente ocasionando em maior massa de parte área; da mesma forma, com a aplicação de nitrogênio em cobertura também ocorreu efeito positivo para o aumento de matéria seca pelo trigo (Figura 13).

Para o peso de 1000 sementes ocorreu efeito significativo apenas para as doses de cama de aviário utilizadas (Figura 14), se comportando de maneira quadrática, ocorrendo um aumento no peso de mil grãos até a dose de 6,4 Mg ha⁻¹, e um decréscimo no peso de mil grãos para a dose de 9,6 Mg ha⁻¹.

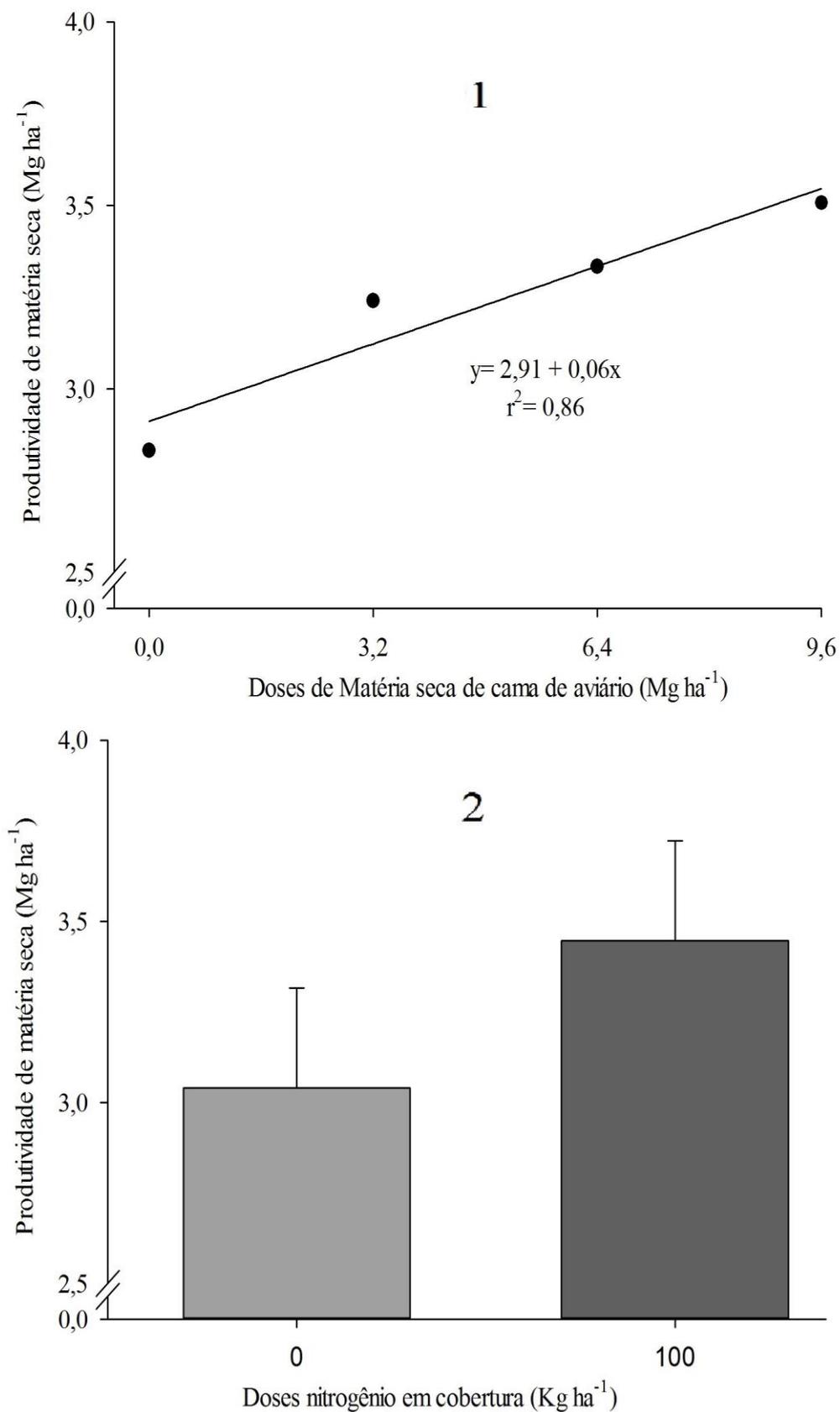


Figura 13 – Rendimento de Matéria Seca de trigo cultivar BRS 220 em quatro doses de cama de aviário (1) e com e sem aplicação de nitrogênio em cobertura (2) (média de quatro épocas de aplicação). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016.

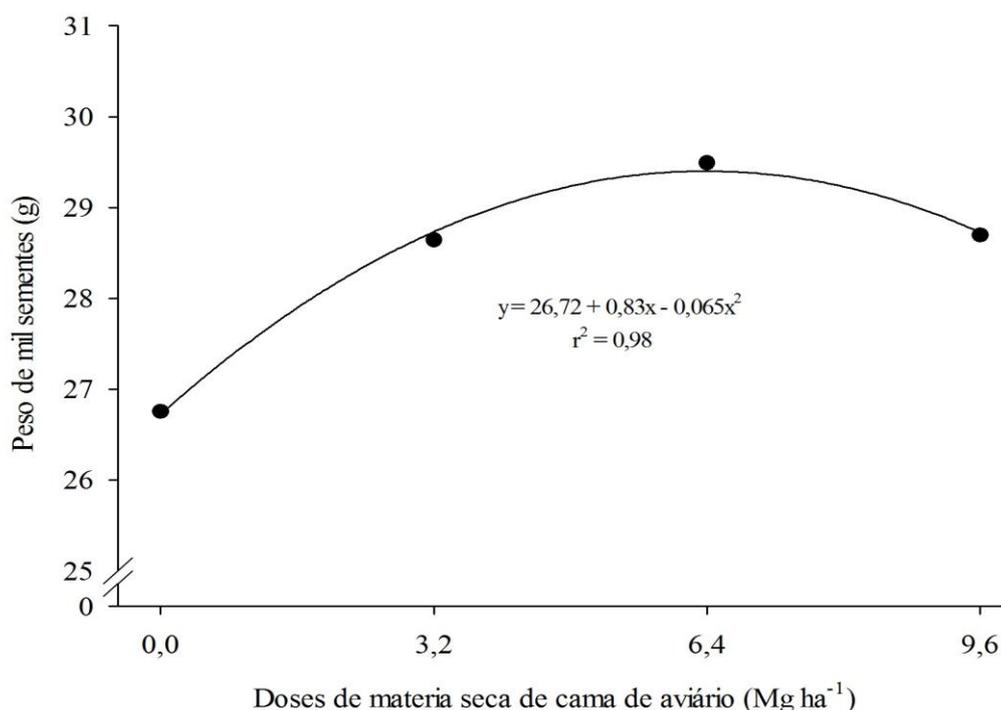


Figura 14 – Peso de mil sementes de trigo cultivar BRS 220 em quatro doses de cama de aviário (média de quatro épocas de aplicação e de duas doses de nitrogênio em cobertura). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016.

Para o rendimento de grãos de trigo não ocorreu diferença entre as épocas de aplicação de cama de aviário, apenas havendo resultado significativo para as doses de cama de aviário utilizadas e a aplicação de nitrogênio em cobertura (Figura 15).

Apesar do ajuste linear para a equação de regressão se observa que o maior rendimento de grãos de trigo ocorreu com a aplicação de 6,4 Mg ha⁻¹ de cama de aviário, com um aumento de 304 kg ha⁻¹ em relação a testemunha (Figura 15.1). Porém, novamente no ano de 2014 a máxima produtividade obtida no experimento, 1642 Kg ha⁻¹, ficou abaixo da média paranaense que foi de 2731 Kg ha⁻¹ (CONAB, 2015). Além do desenvolvimento ter sido prejudicado pela época de plantio tardia, 26/07/2014, o mês de agosto também teve pouca chuva (Tabela 03), prejudicando o início do desenvolvimento da cultura e fase de definição dos componentes do rendimento.

Para a aplicação de nitrogênio em cobertura, ocorreu diferença significativa de 124 kg ha⁻¹ da aplicação de 100 Kg ha⁻¹ em relação à testemunha 0 kg ha⁻¹, mostrando um efeito benéfico da aplicação de nitrogênio em cobertura (Figura 15.2).

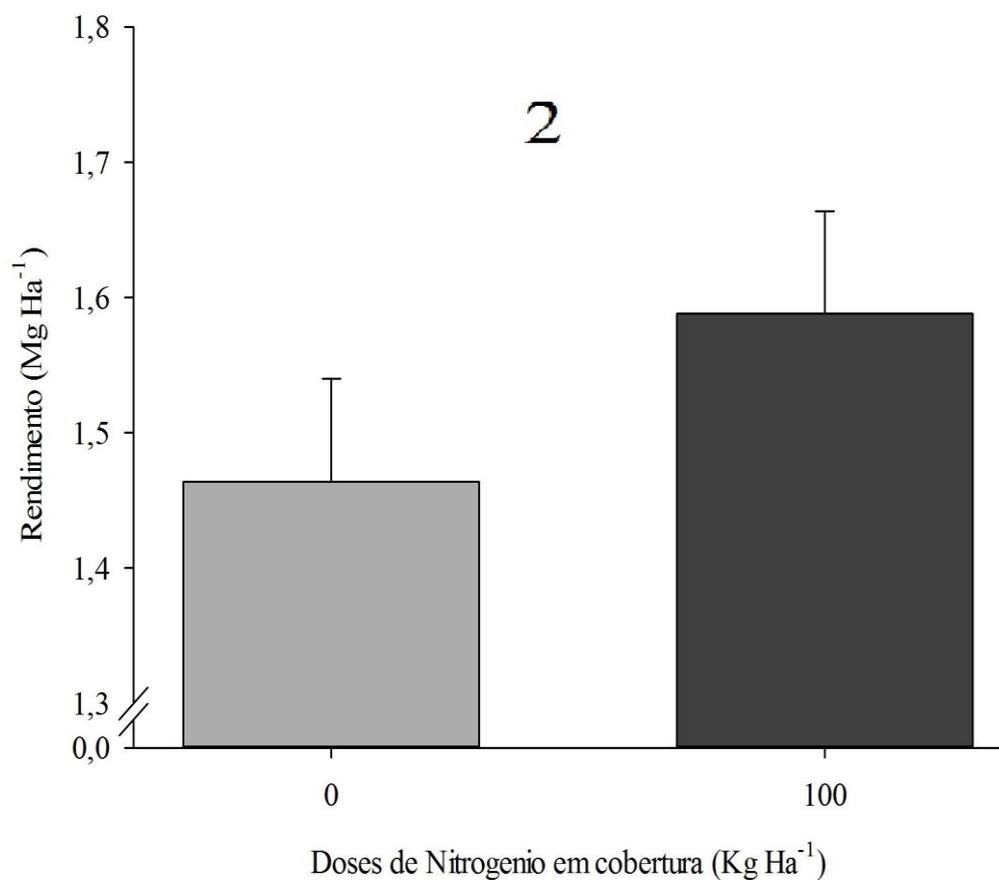
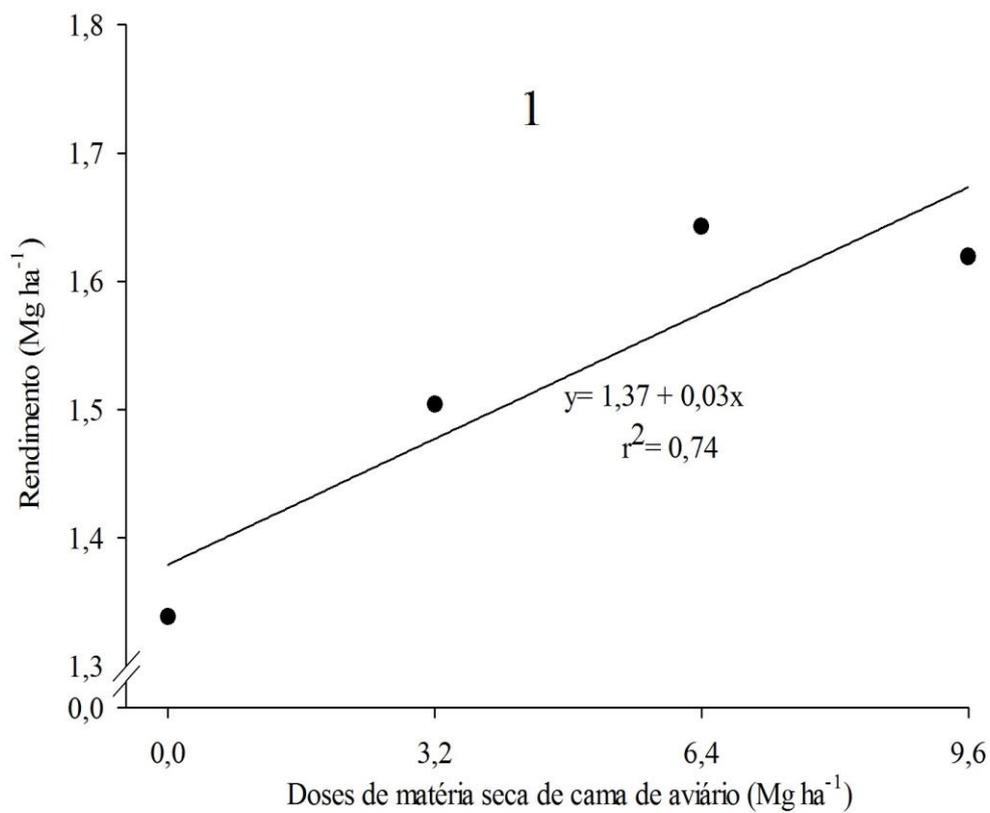


Figura 15 – Rendimento de grãos de trigo cultivar BRS 220 em quatro doses de cama de aviário (1) e duas doses de nitrogênio em cobertura (2) (média de quatro épocas de aplicação). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016.

Esta diferença de produtividade para a aplicação de nitrogênio em cobertura de 124 kg ha⁻¹ representa um aumento de custo em torno de R\$ 140,00 ha⁻¹, se tornando inviável a aplicação economicamente, devido ao ganho de produtividade representar um aumento de R\$ 80,00 ha⁻¹, porém é importante ressaltar que a produtividade média do trigo foi baixa devido à época tardia de plantio e principalmente a ausência de chuva na fase inicial da cultura fase de afilhamento, período o qual é muito importante na determinação do número de afilhos por planta, espigas por planta e de grãos por espiga (MEGDA, 2009).

5.5 Produtividade das culturas de verão sobre efeito residual da aplicação de cama de aviário

Após o cultivo do trigo, com a aplicação dos tratamentos de épocas e níveis crescentes de cama de aviário, foram implantadas culturas de verão para avaliar o efeito residual; nas safras 2011/12, 2012/13 e 2014/15 foi implantada a cultura da soja e na safra 2013/14 o feijão.

Nas duas primeiras safras de soja não houve diferença significativa para as épocas de aplicação da cama de aviário, observando-se diferença significativa somente para os níveis de cama de aviário aplicados no inverno (Figura 16). Na primeira safra (2011/12) os resultados se comportaram de maneira quadrática conforme o aumento da dose utilizada. Os valores de rendimento da soja variaram de 2.741 kg a 3.371 Kg ha⁻¹ para as doses 0 e 9,6 Mg ha⁻¹, respectivamente (Figura 16.1), a produtividade ficou acima de média paranaense e da média brasileira 2429 e 2665 Kg ha⁻¹, respectivamente, para a safra 2011/2012. Para a safra 2012/13, o rendimento aumentou de maneira linear com o aumento das doses de cama de aviário. Os valores de rendimento da soja variaram de 2854 Kg ha⁻¹ a 3153 kg ha⁻¹ nas doses 0 e 9,6 Mg ha⁻¹ (Figura 16.2), respectivamente, aumento de 410 Kg ha⁻¹, contudo obtendo-se uma produtividade abaixo da média paranaense, mas acima da média brasileira, 3348 e 2938 kg ha⁻¹, respectivamente. Desta forma, a cama de aviário aplicada na cultura do trigo foi capaz de causar um efeito residual contribuindo para o aumento da produtividade da soja nos dois primeiros anos de experimento.

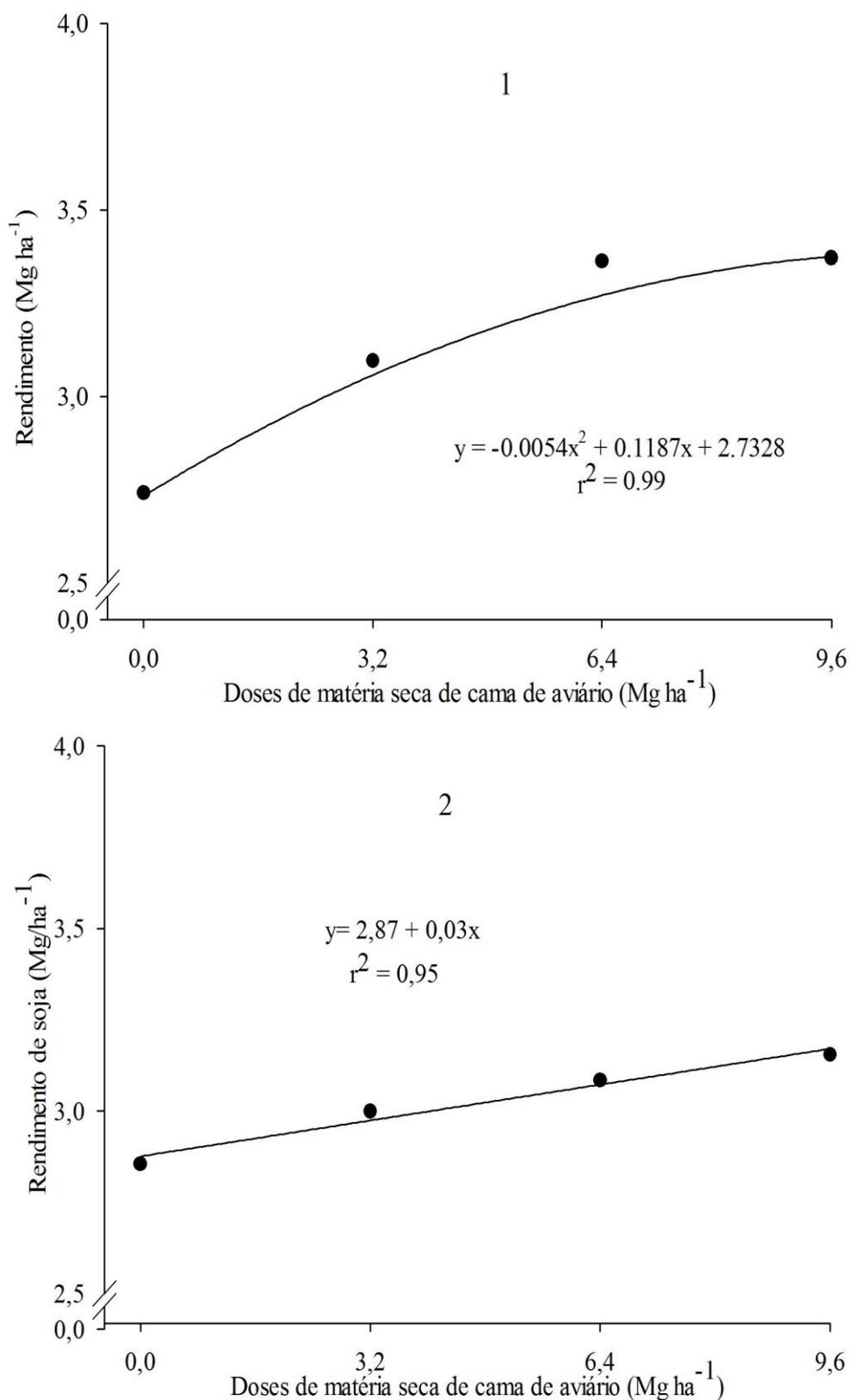


Figura 16 – Rendimento de soja cultivar BMX Turbo RR, (1) safra 2011/2012 e (2) safra 2012/2013, sob quatro doses de cama de aviário (média de quatro épocas de aplicação). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016.

Para a safra verão 2013/2014, foi implantado o feijão após a colheita do trigo. As épocas de aplicação da cama de aviário não afetaram a produtividade do feijão; o aumento dos níveis de cama de aviário beneficiou a cultura do trigo, com efeito residual também significativo para produtividade do feijão, ocorrendo acréscimo de produtividade. Para as quatro doses testadas, 0, 3,2, 6,4 e 9,6 Mg ha⁻¹, a produtividade de feijão foi, respectivamente, de 1648, 1928, 2225 e 2408 kg ha⁻¹, num efeito linear das doses (Figura 17).

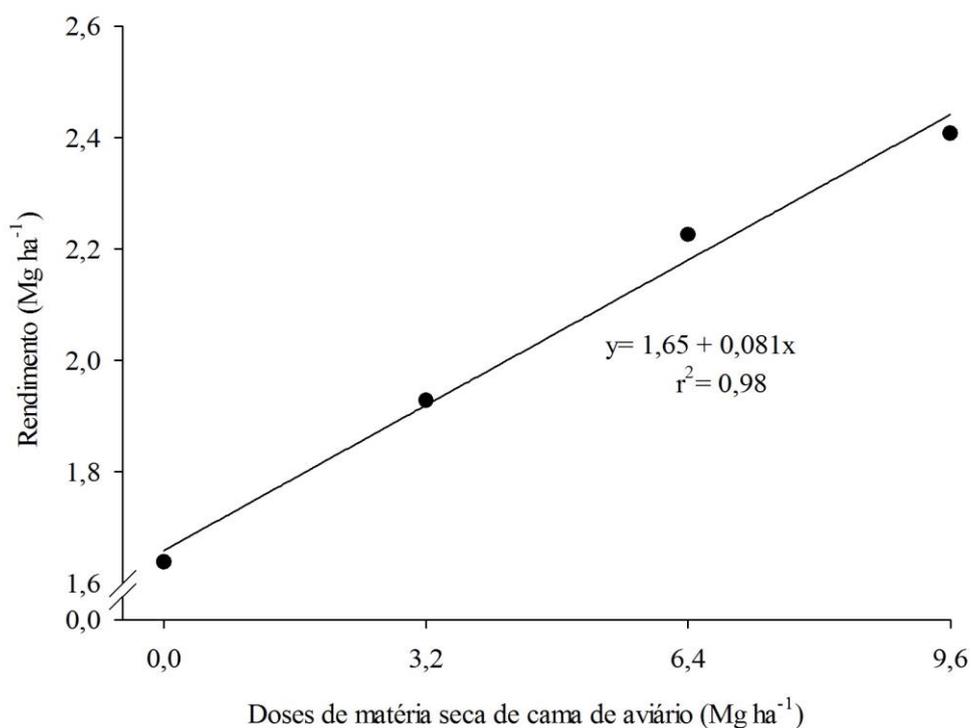


Figura 17 – Rendimento de feijão cultivar IAC Imperador, safra 2013/2014, sob quatro doses de cama de aviário (média de quatro épocas de aplicação). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016.

O feijão se comportou de maneira similar a soja nos dois primeiros anos de experimento onde a cama de aviário aplicada na cultura do trigo proporcionou efeito residual para a cultura de verão.

Na safra 2014/15 a soja voltou a ser implantada no verão também após a colheita do trigo sob o efeito residual da cama de aviário, sendo que para o rendimento houve um efeito linear, ou seja, conforme aumento dos níveis de cama de aviário ocorreu acréscimo do rendimento de grãos para a cultura seguinte (Figura 18).

O efeito residual da cama de aviário proporcionou um acréscimo de 780 kg ha⁻¹, da maior dose em relação à testemunha, sendo uma produtividade de 3798 kg ha⁻¹, na dose de 9,6 Mg ha⁻¹ de cama de aviário. Na safra 2014/2015, a soja ocupou uma área de 32,09 milhões de hectares, o que totalizou uma produção de 96,2 milhões de toneladas. A produtividade média da soja brasileira foi de 2.999 kg ha⁻¹, e da paranaense 3294 kg ha⁻¹ (CONAB, 2015) sendo que a produtividade da maior dose no experimento em questão ficou bem acima da média nacional e paranaense, mostrando um resultado benéfico da aplicação da adubação orgânica.

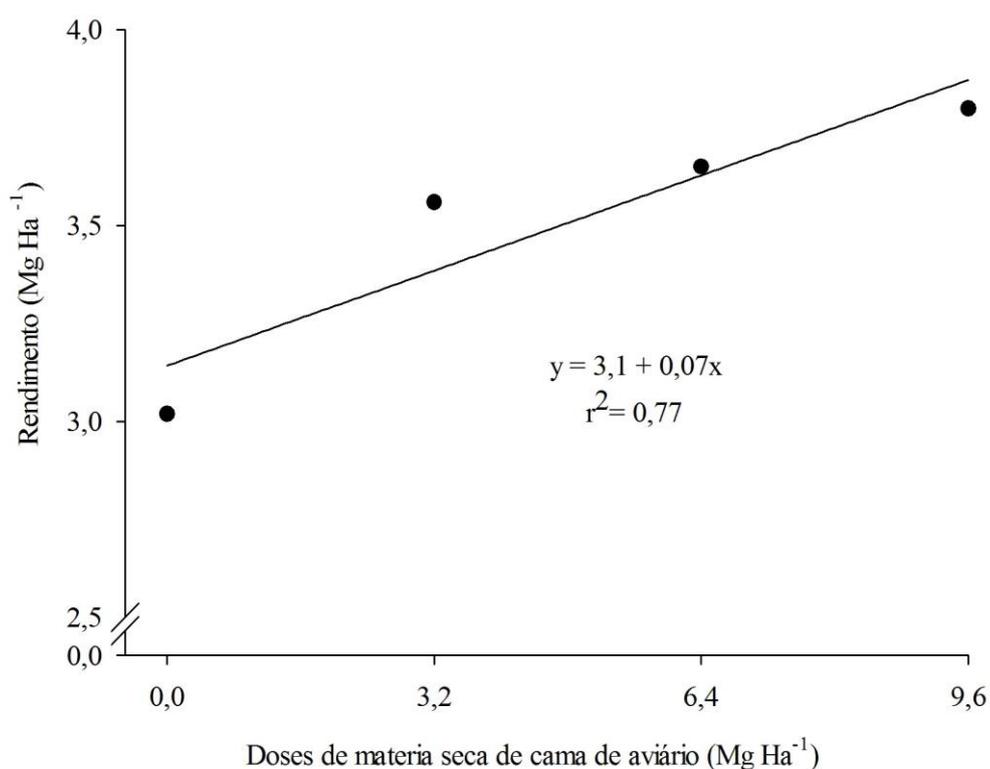


Figura 18 – Rendimento de soja cultivar BMX Turbo RR, safra 2014/2015, sob quatro doses de cama de aviário (média de quatro épocas de aplicação). UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2016.

O efeito benéfico de aumento de rendimento nas culturas da soja e do feijão, sobre efeito residual da cama de aviário é devido ao aumento da fertilidade do solo, sendo que os valores de fósforo e potássio ficaram bem acima dos limites críticos para o desenvolvimento das culturas, principalmente nas primeiras profundidades, o que garante uma boa nutrição das plantas e expressão do potencial produtivo.

6.0 CONCLUSÕES

A aplicação de cama de aviário no momento da semeadura do trigo ou com 45 dias de antecedência não afeta o rendimento da cultura. O uso de cama de aviário, em níveis crescentes, aumenta linearmente o rendimento de trigo, porém este ainda é favorecido pela aplicação de N mineral.

A cama de aviário apresenta efeito residual para às culturas de verão. Tanto a soja quanto o feijão, cultivados sem adubação, atingem elevados tetos de produtividade valendo-se apenas da adubação com cama de aviário aplicada na cultura de inverno.

O fósforo aumentou até 10 cm de profundidade, após três anos de aplicações sucessivas de cama de aviário, no entanto o aumento mais expressivo se deu na camada de 0-2,5cm, sendo de suma importância o bom manejo do solo para evitar problemas com erosão desta camada e possível perda de solo e nutrientes, causando poluição do ambiente e das águas. Por sua vez, o potássio aumentou rapidamente até 20 cm de profundidade. Valores de pH e saturação por bases tiveram aumentos restritos às camadas mais superficiais

Para a decomposição da cama de aviário o potássio foi o nutriente com taxa de liberação mais rápida (aos 60 dias 100% do potássio é totalmente liberado), sendo o fósforo e nitrogênio de liberação mais lenta.

O uso da cama de aviário em lavouras de grãos se mostrou uma alternativa viável, no entanto sugere-se um acompanhamento contínuo da fertilidade do solo, através de análises do solo, para evitar que o uso sucessivo da cama de aviário possa trazer algum desequilíbrio nutricional, em função do expressivo aumento nos teores de fósforo e de potássio.

7.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de cama de aviário é uma boa opção para os agricultores da região pelo considerável aumento da fertilidade do solo, principalmente nos teores de fósforo e potássio no solo, nas maiores doses utilizadas. Essa melhoria nutricional promove aumento de rendimento das culturas tanto na sequencia da aplicação (inverno), como também nas culturas implantadas sobre efeito residual da aplicação no verão.

Pela fácil obtenção e sua alta concentração de N, P, K e Ca, a adubação de culturas anuais se torna um promissor destino para esse resíduo, tendo um destino mais correto, com incremento de fertilidade de solo, produtividade das culturas e rentabilidade dos produtores.

Devido ao seu custo baixo (R\$ 50,00 a 80,00 por tonelada), quando comparada sua concentração de nutrientes com a de formulados minerais, é uma boa opção de diminuir custos de produção principalmente em culturas com maiores riscos, como é o caso do trigo.

8.0 REFERÊNCIAS

ADAMI, P. F.; PELISSARI, A.; MORAES, A.; MODOLO, A. J.; ASSMANN, T. S.; FRANCHIN, M. F.; CASSOL, L. C. Grazing intensities and poultry litter fertilization levels on corn and black oat yield. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.47, n.3, p.360-368, mar.2012.

ANDREOTTI, M.; NAVA, I.A.; WIMMER NETO, L.; GUIMARÃES, V. F.; FURLANI JUNIOR, E. Fontes de nitrogênio e modos de adubação em cobertura sobre a produtividade de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na "safra das águas". *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 27, n. 4, p. 595-602, 2005.

ANGELO, J. C., GONZALES, E., KONDO, N., ANZAI, N. H., CABRAL, M. M. Material de cama: qualidade, quantidade e efeito sobre o desempenho de frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.1, n.26, p.121-130, 1997.

ALLEONI, L.R.F.; CAMBRI, M.A.; CAIRES, E.F. Atributos químicos de um Latossolo de cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. *R. Bras. Ci. Solo*, v.29, p.923-934, 2005.

BASSOI, M. C.; BRUNETTA, D.; DOTTO, S. R.; SCHEEREN, P. L.; CAETANO, V. R.; TAVARES, L. C. V.; MIRANDA, L. C. Novas Cultivares Características e desempenho agrônomo no Paraná da cultivar de trigo BRS 220. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.40, n.2, p.193-196, 2005.

BATAGLIA, O.C.; MASCARENHAS, H.A.A. Absorção de nutrientes pela soja. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 1977. 36p. (Boletim Técnico, 41).

BRATTI, F. C. Uso de cama de aviário como fertilizante orgânico na produção de aveia preta e milho. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Dois Vizinhos, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, UTFPR, 2013. 70f.

BRUM, A. L.; LEMES, C. L.; DA SILVA, C V. K.; KETTENHUBER, P. M. A competitividade do trigo Brasileiro diante da concorrência Argentina. O Comércio internacional e a competitividade pelo custo de produção. *Revista Galega de Economía*, vol. 14, núm. 1-2 (2005), pp. 1-15 ISSN 1132-2799.

BHERING, S. B.; & SANTOS, H. G. Mapa de Solos do Estado do Paraná: legenda atualizada. Rio de Janeiro: EMBRAPA/IAPAR. 2008. 74p.

BENEDETTI, M. P.; FUGIWARA, A. T.; FACTORI, M. A.; COSTA, C.; MEIRELLES, P. R. L. Adubação com Cama de Frango em Pastagem. Congresso Brasileiro de Zootecnia, ZOOTEC. 2009. CD Rom.

BOARD, J.E.; MODALI, H. Dry matter accumulation predictors for optimal yield in soybeans. *Crop Science*, v. 45, 1790-1799, 2005.

CAIRES, E.F.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F. & FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso

aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo de solo. *R. Bras. Ci. Solo*, v.22, p.27-34, 1998.

CARVALHO, E. R.; REZENDE, P. M.; ANDRADE, M. J. B.; PASSOS, A. M. A.; OLIVEIRA, J. A. Fertilizante mineral e resíduo orgânico sobre características agronômicas da soja e nutrientes no solo. *Rev. Ciênc. Agron.*, v. 42, n. 4, p. 930-939, 2011

CÁNOVAS AD & SILVA OF. Aspectos econômicos da cultura do trigo em Goiás. *Safra: Revista do Agronegócio*, v.1, p.22-24, 2000.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. Cartas climáticas do Paraná. Londrina: IAPAR, 2000. Disponível em <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=67>> Acesso em 10/05/2013.

CERETTA, C. A.; DURIGON, R.; BASSO, C. J.; BARCELLOS, L. A. R.; VIEIRA, F. C. B. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.38, p.729-735, 2003.

CONAB; Companhia Nacional de Abastecimento; Monitoramento Agrícola Cultivos de verão, 2ª safra e de inverno – Safra 2014/15; Décimo segundo levantamento Setembro/2015. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_10_42_03_boletim_graos_setembro_2015.pdf.

CORREIA, M.E.F.; ANDRADE, A.G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Gênese, p.197-225, 1999.

COSTA NETO, P. R. & ROSSI, L. F. S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em fritura. *Química Nova*, v.23, p. 4, 2000.

COSTA, A. M.; BORGES, E. N.; SILVA, A. A.; NOLLA, A.; GUIMARÃES, E. C. Potencial de recuperação física de um latossolo vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 33, p. 1991-1998, 2009. Edição especial.

CQFS – RS/SC. Comissão de química e fertilidade do solo. Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre, 2004. 400p.

ERNANI, P.R.; GIANELLO, C. Efeito imediato e residual de materiais orgânicos, adubo mineral e calcário no rendimento vegetal. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, v.6, p.119-124, 1982.

ERNANI, P.R.; BAYER C.; ALMEIDA, J.A. de; CASSOL, P.C.; Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável: Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa, v.31, n.2, p.393-401, 2007.

EDWARDS, D. R. e DANIEL, T.C. Environmental impacts of farm poultry waste disposal – A review. Bioresour.Technol., v.41, p.9-33, 1992.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Tecnologia de Produção de Soja - Região Central do Brasil - 2003. Londrina, 2002. 199p. (Sistemas de Produção - Embrapa Soja, 1)

EMBRAPA SOJA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tecnologias de produção de soja – Região central do Brasil 2012 e 2013. Londrina, 2011. 261 p. (Embrapa soja. Sistemas de Produção, 15).

FAO/OMS - Documento de Trabajo sobre el Plombo - 26ª Reunion del Comitê Del Codex sobre Aditivos Contaminantes de los Alimentos - Febrero, 1994.

FÁVERO, F. Uso da cama de frango associada à adubação mineral no sistema de produção de grãos da região oeste do Paraná. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Marechal Cândido Rondon, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Unioeste, 2012. 79f.

FIGUEROA, E.A.; ESCOSTEGUY, P.A.V.; WIETHÖLTER, S. Efeito do Esterco de Ave Poedeira no Rendimento de Grãos de Trigo; I Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais Uso dos Resíduos da Produção Animal como Fertilizante 11 a 13 de Março de 2009 – Florianópolis, SC – Brasil.

FIGUEROA, E.A. Efeito imediato e residual de esterco de ave poedeira em cultura de grãos. Passo Fundo, 2008. 122p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção vegetal) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2008.

FREITAS, M. C. M. A Cultura da Soja no Brasil: O Crescimento da Produção Brasileira e o Surgimento de uma nova Fronteira Agrícola. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.12; 2011Pág.10.

GIACOMINI, S.J., AITA, C., HÜBNER, A.P., LUNKES, A., GUIDINI, E., AMARAL, E. B. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. Pesq. Agropec. Bras., v.38, p.1097-1104, 2003.

GILMOUR, J. T., KOEHLER, M. A., CABRERA, M.L., SZAJDAK, L., MOORE, Jr. P. A. Alum Treatment of Poultry Litter: Decomposition and Nitrogen Dynamics. J. Environ. Qual. v.33, p.402–405, 2004.

GLIESSMAN, S.R. Agroecologia, Processos Ecológicos em Agricultura Sustentável. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 642p. 2000.

HAHN, L. Processamento da cama de aviário e suas implicações nos agroecossistemas. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). Florianópolis, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, 2004. 130f.

HAWKESFORD, M.; HORST, W.; KICHEY, T.; LAMBERS, H.; SCHJOERRING, J.; MOLLER, I.S. & WHITE, P. Functions of macronutrients. In: MARSCHNER, P., ed. Mineral nutrition of higher plants, 3.ed. New York, Elsevier, 2012. p.171-178.

HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.H. & SILVA, W.M. Sistema de manejo do solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. R. Bras. Ci. Solo, v.23, p.145-154, 1999.

HOFFMANN, I.; GERLING, DAN.; KYIOGWOM, U.B. & MANÉ- BIELFELDT, A. Farmers management strategies to maintain soil fertility in a remote área in northwest Nigeria. Agric.; Ecosys. Environ., v.86, p.263-275, 2001.

HOLANDA, J. S.; MIELNICZUK, J.; STAMMEL, J.G. Utilização de esterco e adubo mineral em quatro seqüências de culturas em solo de encosta basáltica do Rio Grande do Sul. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, v.6, p.47-51, 1982.

IRETSKAYA, S. N.; CHIEN, S. H. Comparison of cadmium uptake by five different food grain crops grown on three soils of varying pH. Communications in Soil Science in Plant Analysis, New York, v. 30, p. 441–448, 1999.

KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492 p.

KONZEN, E. A. Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. V seminário técnico da cultura de milho, Videira, 2003.

LANA, R. M. Q.; et al. Alterações na produtividade e composição nutricional de uma pastagem após segundo ano de aplicação de diferentes doses de cama de frango. Biosci. J., Uberlândia, v.26, n.2, p.249-256, 2010.

LIEBHARDT, W.C.; GOLT, C; e TUPIN, J. Nitrate and ammonium concentrations of ground water resulting of poultry manure applications. *Journal of Environmental Quality*, v.8, p.211- 215, 1979.

LOPES, A.S. Guia das melhores técnicas agrícolas. São Paulo: ANDA, 1996. 27 p.

MACHADO, S. S.; BUENO, P. R. M.; OLIVEIRA, M. B.; MOURA, C. J. Concentração de chumbo em alface cultivada com diferentes adubos orgânicos. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.10, n.1, p.63-70, 2008.

MALAVOLTA, E. O potássio e a planta. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato Internacional da Potassa, 1977. 21 p (Boletim Técnico, 1).

MARSCHNER, H. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J.C. Adubos e adubações. São Paulo: Nobel, 200 p. 2002.

MAPA, Instrução Normativa n-15 de 17 de julho de 2001, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Diário Oficial n-138, seção 1, de 18.07.2001.

MARTINELLI, O.; SOUZA, J. M. Relatório Setorial: Aves. Disponível em:<http://www.finep.gov.br/PortalDPP/relatorio_setorial_final/relatorio_setorial_final_impressao.asp?lst_setor=25>. Acesso em: 24 de agosto. 2011.

(MAPA) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio: Brasil 2011/2012 a 2021/2022 / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica – Brasília: Mapa/ACS, 2012. 76 p.

MEGDA, M. M. et al. Resposta de cultivares de trigo ao nitrogênio em relação às fontes e épocas de aplicação sob plantio direto e irrigação por aspersão. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 33, n. 4, p. 1055-1060, 2009.

MELO, W.J. & MARQUES, M. O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, Wagner & CAMARGO, Otávio Antônio; (eds). Impacto ambiental do uso do lodo de esgoto. Jaguariúna, Embrapa, p.109-141. 2000.

MENEZES, J. F. S.; FREITAS, K. R.; CARMO, M. L.; SANTANA, R. O.; FREITAS, M. B. DE; PERES, L. C. Produtividade de massa seca de forrageiras adubadas com cama de frango e dejetos líquidos de suínos. In: simpósio internacional sobre gerenciamento de resíduos de animais, 1., 2009, Florianópolis. Anais. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2009. 1 CD-ROM.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: UFLA, 626p. 2002.

NICHOLSON, R.J.N; WEBB, J.; MOORE, A. A review of the environmental effects of different livestock manure storage systems, and a suggested procedure for assigning environmental ratings. *Biosystems Engineering*, v.81, n.4, p.363-377, 2002.

ORTOLANI, E. L.; BRITO, L. A. B. Enfermidades Causadas pelo uso Inadequado de "Camade-frango" na Alimentação de Ruminantes. *Revista do Conselho Federal de Medicina Veterinária*. - Suplemento Técnico, n.22, 2001.

PÁDUA, T.R.P.; SILVA, C.A. & DIAS, B.O. Nutrição e crescimento do algodoeiro em Latossolo sob diferentes coberturas vegetais e manejo de calagem. *Ci. Agrotec.*, v.32, p.1481-1490, 2008.

PITTA, C.S.R.; ADAMI, P.F.; PELISSARI, A.; ASSMANN, T.S.; FRANCHIN, M.F.; CASSOL, L.C.; SARTOR, L.R. Year-round poultry litter decomposition and N, P, K and Ca release. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.36, p.1043-1053, 2012.

PAUL, E.A. & CLARK, F.E. *Soil microbiology and biochemistry*. Academic Press, California, 1996, 340p.

PAVAN, M. A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D. *Manual de análises químicas de solo e controle de qualidade*. Londrina: IAPAR, 1992.

PEREIRA, V. V.V. R.; BAZOTTI, A.; Nota técnica IPARDES; Ruralidade, Agricultura Familiar e Desenvolvimento; Curitiba, n.16, novembro 2010. Disponível em: http://www.ipardes.gov.br/biblioteca/docs/NT_16_ruralidade_agric_familiar_desenv.pdf.

PÖTTKER, D. & BEN, J.R. Calagem para uma rotação de culturas no plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, v.22, p.675-684, 1998.

RAIJ, B. van; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônômico, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100).

ROCHA, G.N.; GONÇALVES, J.L.M. & MOURA, I.M. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biossólido. *R. Bras. Ci. Solo*, v.28, p.623-639, 2004.

RODRIGUES, O. Manejo de trigo: bases ecofisiológicas. In: CUNHA, G.R.; BACALTCHUK, B. (Eds.). *Tecnologia para produzir trigo no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Assembleia Legislativa, Comissão de Agricultura, Pecuária e Cooperativismo/Passo Fundo: Embrapa Trigo, p.120- 155. (Série Culturas, n. 02). 2000.

SANTOS, T. M.; JUNIOR, J. L. Utilização de resíduos da avicultura de corte para a produção de energia. In: ZOOTECH' 2003; CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECHNIA, 5.; CONGRESSO NACIONAL DE ZOOTECHNIA, 13, 2003, Uberaba-MG, Brasil, 131-141.

SANZONOWICZ, C. & MIELNICZUK, J. Distribuição do potássio no perfil de um solo, influenciado pela planta, fontes e métodos de aplicação de adubos. *R. Bras. Ci. Solo*, v.9, p.45-50, 1985.

SEAB-DERAL– Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento; Departamento de Economia Rural; Comparativo de área, Produção e Rendimento para a Cultura do trigo Safra 2014/15 e 2015/16. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=74>.

SEAB-DERAL; Secretaria de Agricultura e do Abastecimento, Departamento de Economia Rural. Evolução da área colhida, produção, rendimento, participação e colocação Paraná/Brasil. 2015: Disponível em: <http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/cprbr.pdf>; acesso em 29/02/2016.

SEAB – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. DERAL - Departamento De Economia Rural; FEIJÃO - Análise Da Conjuntura Agropecuária; Dezembro de 2014.

SEGATELLI, C. R. Produtividade da soja em semeadura direta com antecipação da adubação fosfatada e potássica na cultura de eleusine coracana(l.) gaertn. Disponível em: <http://www.teses.usp.br>. acesso em 30 julho 2014.

SILVA, T.R.; MENEZES, J. F. S.; SIMON, G.A.; SANTOS, C.J.L.; SILVA, A.; GONÇALVES, M.E.M.P. Produtividade de massa seca da parte aérea e de raízes de milho adubado com cama de frango; Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais Uso dos Resíduos da Produção Animal como Fertilizante 11 a 13 de Março de 2009 – Florianópolis, SC – Brasil.

SIMONETE, M.A. Alterações nas propriedades químicas de um Argissolo adubado com lodo de esgoto e desenvolvimento e acúmulo de nutrientes em plantas de milho. Tese (Doutorado). Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2001. 89p.

SIMEONI, L. A.; BRABARICK, K. A.; Sabey, B. R. Effect of a small-scale composting of sewage ludge on heavy metal availability to plants. *Journal Environmental Quality*, Madison, v. 13, n. 2, p. 264-268, 1984.

SORATTO, R.P. & CRUSCIOL, C.A.C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. *R. Bras. Ci. Solo*, v.32, p.675-688, 2008.

SPAIN, J. M.; SALINAS, J. G. A reciclagem de nutrientes nas pastagens tropicais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 16. 1985, Ilhéus. Anais. Ilhéus: Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira, 1985. p. 259-299.

SPIES, D. F. Adubação de sistema com a fertilização na aveia antecedendo a cultura da soja. 2007.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Efeitos de sistemas de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.34, p.83- 91, 1999.

TAIZ, L & ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 4.ed. Porto Alegre, Artmed, 2009. 819p.

TEDESCO, M. T. et al. *Análise do solo, plantas e outros materiais*. 2º Ed. Porto Alegre. Departamento de Solos/ UFRGS, 1995. 174p. (Boletim técnico 5).
CHILDE, V.G. *A evolução cultural do homem*. Rio de Janeiro, Zahar, 1966, 229p.

TRENTIN, E.E.; CERETTA, C. FUCHINA, L. F.; MOREIRA, I. C. L.; GIROTTTO, E.; POCOJESKI, E. Manejo de adubação fosfatada e potássica em plantio direto na sucessão aveia branca/soja, 2004. Disponível em: <http://coralx.ufsm.br>.

VIGANÓ, J.; BRACCINI, L.; SCAPIM, C. A.; FRANCO, F. A.; SCHUSTER, I.; MOTERLE, L. M.; TEXEIRA, L. R.; ROCHA, R. Efeito de anos e épocas de semeadura sobre o desempenho agrônômico e rendimento de cultivares de trigo em Palotina, PR. Biosci. J., Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 259-270, 2011.

WERLE, R.; GARCIA, R. A. & ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. R. Bras. Ci. Solo, v.32, p.2297-2305, 2008.

WENDT, W.; DIAS, J. C. A.; CAETANO, V. R. Avaliações preliminares de trigo, em diferentes épocas de semeadura, em solos hidromórficos. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE TRIGO, n.16, Dourados, 1991. Resumos... Dourados: EMBRAPA-UEPAE, 1991. p. 34.

ZAMBROSI, F.C.B.; ALLEONI, L.R.F. & CAIRES, E.F. Liming and ionic speciation of an Oxisol under no-till system. Sci. Agric., v.65, p.190-203, 2008.

ZHANG, F.S.; YAMASAKI, S.; KIMURA, K. Waste ashes for use in agricultural production: I. Liming effect, contents of plant nutrients and chemical characteristics of some metals. The Science of the Total Environment, n.284, p.215-225, 2002.