

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**EFEITO IMEDIATO E RESIDUAL DE ESTERCO DE
AVE POEDEIRA EM CULTURAS DE GRÃOS**

ENRIQUE A. FIGUEROA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de concentração em Produção Vegetal.

Passo Fundo, Abril de 2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

EFEITO IMEDIATO E RESIDUAL DE ESTERCO DE
AVE POEDEIRA EM CULTURAS DE GRÃOS

ENRIQUE A. FIGUEROA

Orientador: Prof. Ph.D. Pedro A. Varella Escosteguy

Coorientador: Ph.D. Sirio Wiehölter

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de concentração em Produção Vegetal.

Passo Fundo, Abril de 2008

Dedico este trabajo a:

Mis padres, por enseñarme El camino

A Gabriela por ser mejor esposa, madre y amiga

A mis hijos, Sebastián, Sara y Clara por el aliento permanente

Agradecimentos:

Ao Professor Pedro Alexandre V. Escosteguy pela orientação, conselhos e ensinamento.

Ao Dr. Sirio pelas sugestões.

Ao Professor Alexandre Nienow, pela confiança e oportunidade (2005).

A Maria Elisabete, (Preta) pela ajuda no laboratório.

Aos colegas Márcio e Fabiano e doutorandos, Silvio e Alfredo pela ajuda.

Aos acadêmicos de Agronomia: André, Silas, e Emerson, pela ajuda no campo.

À Maria Elena, do Laboratório de Análises de Solos pela colaboração.

Aos professores das disciplinas do PPGAgro, pela paciência.

Aos amigos que fiz, e que são muitos.

À Mari, e os demais integrantes da secretaria do Curso, pela eficiência e atenção.

SUMÁRIO

	Página
Lista de tabelas.....	vii
Lista de figuras.....	x
RESUMO.....	4
ABSTRACT.....	5
1 INTRODUÇÃO.....	6
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
4.1 Efeito imediato do esterco de aves sobre o rendimento de trigo.....	56
4.1.1 Acúmulo de nitrogênio nas plantas de trigo e no solo.....	63
4.1.2 Conteúdo de P,K,Ca, Mg e S no grão de trigo.....	78
4.1.3 Conteúdo de micronutrientes no grão de trigo.....	78
4.2 Efeito residual do esterco de aves sobre o rendimento de grãos de soja.....	82
4.3 Efeito imediato do esterco de aves sobre o rendimento de grãos de milho.....	83
4.3.1 Acúmulo de nitrogênio nas plantas de milho e no solo.....	93
4.3.2 Teores de nutrientes totais na folha índice de milho.....	104
4.3.3 Conteúdo de macronutrientes no grão de milho.....	106
4.3.4 Conteúdo de micronutrientes no grão de milho.....	106
4.4 Efeito residual do esterco de aves sobre o rendimento de grãos de feijão.....	110
5 CONCLUSÕES.....	111
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	112
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113

LISTA DE TABELAS

Tabelas		página
1	Teores de nitrogênio, (N) fósforo (P_2O_5) e potássio (K) e relação carbono/nitrogênio (C/N) de esterco animais (base matéria seca) (%).....	20
2	Índice de eficiência de esterco animais.....	30
3	Atributos químicos e físicos da camada amostrada do Latossolo Vermelho Distrófico da área do experimento.....	42
4	Teores de enxofre e de micronutrientes, nas camadas de solo amostradas na área do experimento.....	42
5	Atributos físico-químicos do esterco de aves utilizados no experimento na época inicial.....	44
6	Tratamentos testados nos cultivos de trigo e de milho.....	45
7	Quantidades de esterco e de N disponível usadas nas culturas de trigo e milho, usadas para testar o efeito imediato desse resíduo.....	46
8	Quantidades de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre aplicados nos tratamentos com esterco de aves, nas culturas de trigo e milho.....	48
9	Efeito de diferentes doses de esterco de ave poedeira no rendimento de grãos (RG), no peso do hectolitro (PH), no número de espigas por área (NE/área), peso de mil grãos (PMG) e número de grãos por espiga (NGE) de trigo (efeito imediato) e no RG de soja (efeito residual). Safra 2006 e 2006/07, respectivamente.	58
10	Efeito de doses de esterco de ave poedeira no teor e quantidade extraída de nitrogênio (N) da parte aérea de trigo, amostrado em diferentes estádios de desenvolvimento.....	65

11	Índice de recuperação aparente de nitrogênio em plantas e grãos de trigo, com base em diferentes doses de esterco de ave poedeira. Safra 2006.....	69
12	Índice de recuperação aparente de nitrogênio obtido em solo cultivado com trigo, sete dias após a adubação com diferentes doses de esterco de ave poedeira. Safra 2006.....	73
13	Índice de recuperação aparente de nitrogênio, obtido em solo cultivado com trigo, no início do aphilamento, em função da adubação com diferentes doses de esterco de ave poedeira. Safra 2006.....	76
14	Índice de recuperação aparente de nitrogênio, obtido em solo cultivado com trigo, no florescimento, em função da adubação com diferentes doses de esterco de ave poedeira. Safra 2006.....	77
15	Efeito de diferentes doses de esterco de ave poedeira no teor de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em grãos de trigo. Safra 2006.....	80
16	Efeito de diferentes doses de esterco de ave poedeira no teor de zinco (Zn), manganês (Mn), cobre (Cu) e ferro (Fe) de grãos de trigo. Safra 2006.....	81
17	Efeito de diferentes doses de esterco de ave poedeira no rendimento de grãos (RG) e componentes de rendimento de milho (efeito imediato) e RG de feijão (efeito residual). Safra 2006 e 2006/07, respectivamente.....	88
18	Efeito de diferentes doses de esterco de ave poedeira no teor e quantidade extraída de nitrogênio (N) da parte aérea de milho, amostrado em diferentes estádios de	

	desenvolvimento. Safra 2006/07.....	94
19	Índice de recuperação aparente de nitrogênio em plantas de milho adubadas com diferentes doses de esterco de ave poedeira. Safra 2006/07.....	98
20	Índice de recuperação aparente de nitrogênio, obtido em solo cultivado com milho, no estágio de 8 folhas, em função da adubação com diferentes doses de esterco de ave poedeira. Safra 2006/07.....	102
21	Índice de recuperação aparente de nitrogênio, obtido em solo cultivado com milho, no estágio do pendoamento, em função da adubação com diferentes doses de esterco de ave poedeira. Safra 2006/07.....	103
22	Nutrientes totais na folha índice de milho, adubado com diferentes doses de esterco de ave e com uréia. Safra 2006/2007.....	105
23	Efeito de diferentes doses de esterco de ave poedeira no teor de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) de grãos de milho. Safra 2006/07.....	108
24	Efeito de diferentes doses de esterco de ave poedeira no teor de zinco (Zn), manganês (Mn), cobre (Cu) e Fe de grãos de milho. Safra 2006/07.....	109

LISTA DE FIGURAS

Figuras		página
1	Teor de nitrogênio mineral (NM), na camada de 0 a 5 cm, em diferentes épocas da cultura do trigo, adubada com esterco de ave poedeira.....	74
2	Teor de nitrogênio mineral (NM), na camada de 5 a 10 cm, em diferentes épocas da cultura do trigo, adubada com esterco de ave poedeira.....	74
3	Teor de nitrogênio mineral (NM), estimado na camada de 0 a 10 cm, em diferentes épocas da cultura do trigo, adubada com esterco de ave poedeira.....	75
4	Rendimento de grãos (RG) de milho e de feijão, em função da aplicação de esterco de ave poedeira. Safra 2006/07.....	84
5	Teor de nitrogênio mineral (NM), na camada de 0 a 5 cm, em diferentes épocas da cultura do milho, adubada com esterco de ave poedeira.....	101
6	Teor de nitrogênio mineral (NM), na camada de 5 a 10 cm, em diferentes épocas da cultura do milho, adubada com esterco de ave poedeira.....	101

EFEITO IMEDIATO E RESIDUAL DE ESTERCO DE AVE POEDEIRA EM CULTURAS DE GRÃOS

Enrique Alberto Figueroa¹ Pedro Alexandre Varella Escosteguy²

Sirio Wiethölter³

RESUMO – O uso do esterco de ave poedeira, com o objetivo de aumentar o rendimento de grãos da cultura adubada (efeito imediato) e da cultura subsequente (efeito residual) é uma prática crescente nas lavouras de trigo e de milho, mais há poucas informações sobre o efeito desse material no solo e nas plantas, O objetivo do trabalho foi avaliar a utilização de diferentes doses de esterco de ave poedeira: 2,8; 4,2; 5,6 e 11,2 t ha⁻¹, no trigo; e 6,7; 8,9; 13,4, aplicado no dia e 15 dias antes da semeadura, e 26,8 t ha⁻¹, no milho. O efeito residual dessas doses foi avaliado nas culturas de soja (após trigo) e feijão (após milho). Foram também implantadas parcelas com aplicação de P, K, Ca, Mg e S e com aplicação de N mineral (uréia). O experimento foi conduzido em um Latossolo Vermelho Distrófico típico, na localidade de Passo Fundo, RS. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições. A aplicação do esterco de ave não proporcionou incrementos no rendimento de grãos (RG) de trigo, sendo a dose de 2,8 t ha⁻¹ de esterco a mais eficiente, em comparação com o N da uréia. No milho, houve incremento no RG, e efeito de doses sobre essa variável; a dose mais eficiente em relação à uréia foi a de 8,9 t ha⁻¹. O componente do rendimento que contribuiu para aumento do RG nas duas culturas foi o número de grãos por espiga. A eficiência do esterco de aves, em relação à uréia, foi de 100 % no trigo e de 75 % no milho. Não houve diferenças no efeito imediato no RG do trigo, no milho, houve diferenças quando comparado com a testemunha. Não houve efeito residual de N.

¹Engenheiro Agrônomo, mestrando do Programa de Pós-graduação em Agronomia- Área de Concentração em Produção Vegetal, Universidade de Passo Fundo (PPGAgro UPF).

²Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Orientador. Docente do PPGAgro UPF.

³Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Co-orientador. Pesquisador da Embrapa Trigo.

Palavras-chave: Esterco de ave, nitrogênio, trigo, milho.

IMMEDIATE AND RESIDUAL FERTILIZER EFFECTS OF POULTRY MANURE ON GRAIN CROPS

ABSTRACT- The use of poultry manure, aiming at increasing the actual (direct effect) and subsequent crop yields (residual effects) has been used since long in cereal and other crops. However few published studies quantify the results in light of soil and plant relationships. This work evaluate the use of different rates of poultry manure: 2.8, 4.2, 5.6, and 11.2 t ha⁻¹ for wheat; and 6.7, 8.9, 13.4, (applied on the day and 15 days before sowing) and 26.8 t ha⁻¹ for corn on experiments conducted in a Red Latosol, (Typic Haplorthox) of Passo Fundo, RS, Brazil. The residual effect of these manure rates was tested on soybean (after wheat) and bean crops (after corn). These last crops were also cultivated on plots with no nitrogen fertilization (urea), but with P, K, Ca, Mg, and S application, and on plots with urea and no other nutrient additions. The experiment was carried out in a completely randomized block design, with four replications. The application of poultry manure increased both wheat and corn grain yields (GY). The GY of wheat did not changed with the increasing rates and 2.8 t ha⁻¹ was the more efficient rate. However, effect of increasing manure rates was observed on corn along the whole range of rates. The number of grains per spike was the yield component associated with the GY in both cultures. The efficiency of poultry manure, compared to urea, was 100 % (wheat) and 75 % (corn). There was a not difference in direct effect on wheat grain yields, but corn yields of fertilized treatments showed a significantly higher figures than the control. There was no residual effect of poultry manure on either bean crop.

Key words: Poultry manure, nitrogen, wheat, corn.

1 INTRODUÇÃO

O uso de adubos orgânicos tem aumentado nas lavouras do Rio Grande do Sul (RS), em particular nas culturas de grãos, tanto de inverno, como de verão. Embora com baixo conteúdo em nutrientes, o interesse nesse adubo deve-se ao elevado teor de matéria orgânica e da presença de vários nutrientes essenciais às plantas. Em adição a esses benefícios, a aplicação de dejetos de animais ao solo é a melhor forma de descarte desses resíduos.

Além do aumento de uso em solos agrícolas, a produção de esterco de aves poedeiras também tem aumentado de forma considerável no RS, o que resulta em maior demanda para o descarte no solo. Assim, há necessidade de mais informações sobre o efeito desse material no solo e nas plantas, subsidiando recomendações sobre seu uso, e os aspectos econômicos e implicações ambientais.

O estado do RS se destaca pela produção pecuária e agrícola. Dentre as diferentes lavouras, a produção de grãos é a de maior expressão (soja, arroz, milho, trigo e feijão), respondendo por 35 % na estrutura do valor bruto da produção agropecuária (RIO GRANDE DO SUL, 2005). Manter altos níveis de fertilidade nos solos é de fundamental importância para uma produtividade sustentável no tempo e economicamente rentável, pois a maioria dos solos do RS são Latossolos Vermelhos (BRASIL, 1973), que apresentam baixa fertilidade natural e limita o rendimento das culturas, quando não é feita a adubação e a calagem. Assim, é necessário fazer correções da acidez e adubações adequadas para obter

alta produtividade nesses solos. Entretanto, devido ao elevado custo dos fertilizantes minerais, opções de materiais que possam ser utilizados na correção da fertilidade do solo são necessárias.

Atualmente, no cenário da avicultura, em particular de postura, a preocupação com os dejetos das aves tem crescido, devido às novas tecnologias de produção, que dão ao setor a oportunidade de aumento na produção de aves. Segundo Moreng & Asnes (1990), para cada 100.000 poedeiras há uma geração de 12 t dia^{-1} de esterco.

Entre os diferentes tipos de esterco animal, o de aves poedeiras é um dos mais ricos em nutrientes, pois contém as dejeções líquidas e sólidas misturadas, de galinhas alimentadas com ração contendo alto teor de proteína. A soma dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) do esterco dessas aves é duas a três vezes maiores que o encontrado nas dejeções de mamíferos (KIEHL, 1985). De acordo com esse autor, o teor elevado de N no esterco de poedeiras pode proporcionar efeito salino, prejudicial às plantas, se não for devidamente tratado, antes de ser usado como adubo no solo, além de representar um desperdício de nutrientes, muito valiosos do ponto de vista biológico. Ainda são poucos os estudos relacionados à determinação de dosagens adequadas de esterco de aves no RS em rotação de culturas graníferas, visando à otimização da produtividade.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de doses de esterco de aves poedeiras em culturas de grãos em termos de seu efeito imediato e residual (culturas subseqüentes).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nos últimos anos o emprego da adubação orgânica vem crescendo gradualmente no Brasil (MOREIRA et al., 2000). O uso intensivo desse tipo de adubação pode modificar as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (GLIESSMAN, 2000). De maneira geral, os solos agrícolas são constituídos, em grande parte, pela fração mineral e somente uma pequena porção é representada pela matéria orgânica. O conteúdo de matéria orgânica dos solos merece atenção especial, pois resulta da decomposição de resíduos animais e vegetais e varia, principalmente, com as práticas de manejo agrícola adotadas. Além disso, é influenciado diretamente pelas condições edafoclimáticas de cada região. Para Igue (1984) e Van Raij (1991), o efeito favorável da matéria orgânica nas características dos solos está relacionado à agregação das partículas e à estabilização dos agregados, o que resulta em maior porosidade, aeração e retenção de água. Ao mesmo tempo, esse atributo do solo contribui para o fornecimento de nutrientes para as plantas. A decomposição da matéria orgânica nos solos de climas tropicais ou subtropicais 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 et al., 2002). Diferentes técnicas são utilizadas com a finalidade de manejar a matéria orgânica dos solos. Dentre estas,

pode-se destacar a preservação dos resíduos agrícolas deixados pelas colheitas e a adição de estercos e ou de resíduos agro-industriais. Estas práticas visam elevar, manter ou conservar os teores de matéria orgânica dos solos. Embora certa fração da matéria orgânica dos estercos seja decomposta e liberada no período de um a dois anos, outra fração é transformada em húmus, que é mais estável. Sob essa forma, os nutrientes são liberados lentamente. Assim, os componentes do esterco, convertidos em húmus, exercerão influência nos solos de maneira persistente e duradoura (BRADY, 1989).

Nessa mesma época, os resíduos oriundos da produção de animais em confinamento, principalmente suínos, no Brasil não constituíam fato preocupante, pois a concentração de animais por unidade de área era pequena. Com a ampliação do sistema de confinamento, o quadro modificou-se e, atualmente, a produção de aves e de suínos é considerada pelos órgãos de fiscalização ambiental, quando desenvolvida sem os devidos cuidados com os efluentes, uma das principais atividades agrícolas degradadoras da água e do solo (CORRÊA & CORRÊA, 2003).

Características dos adubos orgânicos

Apesar de a adubação orgânica ser prática milenar, ela passou a fazer parte da legislação de fertilizantes, somente a partir de 1982, quando foram criadas as categorias de fertilizantes orgânicos,

simples, compostos e organominerais (BRASIL, 1982); No ano 2004 essa classificação foi atualizada. As categorias criadas foram: adubos simples de origem vegetal ou animal, contendo um ou mais nutrientes das plantas; orgânico misto: adubos procedentes da mistura de dois ou mais adubos simples; e composto: adubos obtidos por processos bioquímicos, físico-químicos, industrial, natural ou controlado com mistura de resíduos de origem vegetal ou animal (BRASIL, 2004).

Em virtude da quantidade cada vez maior de resíduos orgânicos, gerados pelas atividades humanas, animal e industrial, o uso agrônomo dessas materiais, como fonte de nutriente às plantas e como condicionadores do solo tem se constituído em alternativa viável em termos de preservação ambiental (MELO & MARQUES, 2000), conquanto utilizado com critérios técnicos (COMISSÃO, 2004).

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

Para Hoffman (2001), os benefícios no uso de esterco animal podem ser assim elencados: melhorias nas propriedades físicas do solo e no fornecimento de nutrientes; aumento no teor de

matéria orgânica, melhorando a infiltração da água como também aumentando a capacidade de troca de cátions. Os efeitos porém são largamente dependentes da quantidade aplicada por unidade de área e do teor específico, particularmente de metais pesados, que podem apresentar efeitos deletérios.

Segundo Kiehl (1985), a adubação orgânica, quando empregada em quantidades adequadas, reduz a densidade aparente do solo, sendo esse efeito imediato, uma vez que a matéria orgânica se junta às partículas minerais do solo, que tem densidade aparente entre 1,2 a 1,4 g cm⁻³, enquanto o esterco tem densidade média entre 0,2 a 0,4 g cm⁻³.

Os efeitos sobre as propriedades físicas dos solos podem ser observados na medida da presença de matéria orgânica. Conforme Kiehl (1993), as principais influências da adubação orgânica estão na melhora na condutividade hidráulica.

A retenção de água no solo é dependente das condições físicas do solo e a adubação orgânica, direta ou indiretamente, pode promover maior retenção de água no solo. A forma direta deve-se ao efeito de a própria capacidade da matéria orgânica em reter água, chegando a 160 % de seu volume para materiais humificados. A forma indireta é devida a melhora na estruturação, granulação e proteção da superfície do solo contra a formação de crostas impermeáveis (KIEHL, 1985; MORENO, 1996).

Além dos efeitos benéficos, existem estudos que indicam efeitos negativos associados à adição de resíduos orgânicos aos solos. Kiehl (1985) relata que a aplicação de resíduos com alta relação carbono/nitrogênio induz a deficiência de nitrogênio às culturas. Dependendo do cultivar e do método de incorporação utilizado, os resíduos culturais de sorgo podem prejudicar o desenvolvimento da soja e o crescimento da biomassa microbiana do solo (VASCONCELOS et al., 1999). Em solos com pH elevado, aplicações anuais de altas doses de esterco, principalmente de aves, pode facilitar o encrostamento, a desagregação das partículas pela chuva, reduzir a condutividade hidráulica, bem como favorecer a formação de substâncias serosas repelentes à água, culminando com uma redução na sua capacidade de campo (ANDREOLA et al., 2000a).

Atualmente, o interesse pelo uso de adubos orgânicos vem crescendo gradativamente em áreas maiores e continua sendo prática comum em pequenas propriedades rurais. Embora remonte há mais tempo, Araji et al. (2001) ressaltam que desde o início da década de 40 pesquisas indicam que o esterco animal é um recurso biológico importante, com efeitos no ambiente e benefícios ecológicos. Porém, os estercos eram considerados como recursos dentro da propriedade, mas atualmente estão sendo considerados como dejetos (RISSE et al., 2004), que necessitam ser tratados para a disposição adequada no solo. A reciclagem de resíduos através de seu uso agrônomico é

interessante, desde que analisadas as suas características, potencial e conseqüências do uso destes materiais (PREZOTTO, 1992).

Na agricultura orgânica não é permitido o uso de determinados fertilizantes químicos, de alta concentração e solubilidade, tais como uréia, superfosfatos, cloreto de potássio e outros.

A produção orgânica vegetal, baseia-se no uso de esterco como fontes de adubos, provenientes de bovinos, eqüinos, caprinos, suínos, ovinos, aves e coelhos, cuja composição química varia com o sistema de criação, a idade do animal, a raça e a alimentação (NEVES et al., 2004).

A quantidade de esterco e outros resíduos orgânicos a ser adicionada em determinada área depende, entre outros fatores, da composição e do teor de matéria orgânica dos referidos resíduos, classe textural e nível de fertilidade do solo, exigências nutricionais da cultura explorada e condições climáticas regionais (DURIGON et al., 2002).

Conforme Almeida (1991), a adubação orgânica, deve ser baseada nos seguintes aspectos: características das propriedades e o tipo de exploração predominante na região; potencial fertilizante dos resíduos agrícolas, urbano e industriais disponíveis e o que podem representar esses materiais como fonte de insumos para o aumento da produtividade agrícola; resultados demonstram que a fertilização

orgânica pode contribuir ou ajudar a melhorar a fertilidade dos solos e reduzir os custos de produção de muitas culturas.

O valor fertilizante dos adubos orgânicos é dependente da fração mineral, que é considerada prontamente disponível às plantas; e da fração orgânica, que necessita ser transformada enzimaticamente, para disponibilizar os nutrientes nele contido, pelo processo de mineralização (TEDESCO et al., 1999).

Conforme Quadros et al. (2000), a disponibilização de N a partir de resíduos orgânicos garante parte do suprimento inicial demandado pelas culturas de interesse econômico, considerando um material com relação C:N baixa, ou seja, com alta taxa de mineralização.

Em paralelo à utilização de fertilizantes minerais concentrados, o manejo e a utilização adequada de esterco deverá se constituir em prática importante em futuros sistemas de produção. O uso adequado de esterco tem sido muito considerado no planejamento de utilização de fertilizantes nos EUA. Esse assunto foi um dos mais discutidos na Quarta Conferência Internacional de Agricultura de Precisão ("InfoAg99"). Em 1996, o Conselho de Agricultura, Ciência e Tecnologia dos EUA (CAST) publicou um documento intitulado "Integrated Animal Waste Management", o qual discute o potencial destes materiais, quando utilizados como nutrientes de plantas. Estima-se que 3,55 milhões de toneladas de N, 3,06 milhões de toneladas de fósforo e 3,68 milhões de toneladas de

potássio estão em condições de substituir fertilizantes minerais. Conforme o CAST, em termos percentuais, isto significa 29 % do N e 68 % do P e do K utilizados atualmente como fertilizantes comerciais. Não se sabe, entretanto, quanto deste material já está sendo aproveitado de forma eficiente e quanto poderá vir a ser utilizado.

O aproveitamento de dejetos de animais como fertilizante nas áreas de produção agropecuária é uma alternativa de adubação capaz de reduzir os custos da implantação de lavouras e pastagens e também repor os nutrientes exportados pela colheita ou pastejo. O rebanho brasileiro é composto por aproximadamente 206 milhões de bovinos, 822 milhões de aves, 35 milhões de suínos, 16 milhões de ovinos, 10 milhões de caprinos e 1,6 milhões de bubalinos, segundo o censo realizado em 2006 (IBGE, 2007).

Com base nesses dados é possível estimar a quantidade gerada de esterco no Brasil. Porém, a quantidade que apresenta potencial de uso na produção de forragens e de grãos depende da concentração destes dejetos em locais de armazenamento (esterqueiras, por exemplo). A quantidade estimada de produção de esterco de aves e suínos, que em geral são criados em regime de confinamento, é de 93 milhões de m³ (0,1 kg/ dia/animal) e 175 milhões de m³ (15 litros/dia/animal), respectivamente, por ano. Estes dados poderiam ser acrescidos da produção de pelo menos 180 de milhões m³ por ano de esterco líquido do rebanho bovino, especialmente do leiteiro, havendo em torno de 20 milhões de cabeças

ordenhadas (um animal que produz 6 mil litros de leite por ano gera aproximadamente 50 litros de esterco líquido/dia) e apresenta parte de sua produção em regime de confinamento.

Aplicação de esterco

Aumento nos teores dos macronutrientes (Ca, Mg, P, K e N) e nos teores de micronutrientes no solo, principalmente de Cu e de Zn, têm sido observados em áreas que receberam doses elevadas ou uso prolongado de esterco.

Para calcular a quantidade de esterco a aplicar, podem ser adotadas como estratégias principais: a) o nutriente presente em maior quantidade no esterco, com complementação para os demais através de adubos minerais; b) o nutriente presente em menor nível no solo, para aumentar a disponibilidade deste para as plantas; c) a quantidade de nutrientes exportada pela colheita ou pastejo, para que não ocorra a diminuição dos níveis do solo para valores deficientes ou, então, o acúmulo para níveis que podem ser prejudiciais às culturas ou significar riscos de contaminação da água e; d) a resposta da cultura às doses de nutrientes, sendo esta estratégia aplicada basicamente ao N (VARGAS MOTTA, 2005). As principais características dos diversos tipos de esterco, são, segundo Embrapa (2006):

a) Esterco de bovino e de equino - São os mais ricos em fibras. Ajudam a desenvolver organismos que são antagonistas de fungos causadores de doença de solo. Uma vaca produz cerca de 15 t

de esterco fresco por ano, o que corresponde a aproximadamente a 78 kg de N, 20 kg de P_2O_5 , 93 kg de K_2O e 35 kg de Ca + Mg.

b) Esterco de suíno - A composição deste dejetos é variável em razão da quantidade de água que o acompanha, tipo de alimentação e idade dos animais. Este material é caracterizado pela boa quantidade de N e de Zn. Como todos os outros dejetos, devem ser compostados para uso na agricultura.

c) Esterco de aves - É muito rico em N. Este tipo de esterco é aplicado normalmente junto com a maravalha (cama) que é colocada para acomodar frangos de corte em aviários. O material, quando bem curtido, apresenta-se farelado, escuro, sem excesso de amônia. A madeira da maravalha se decompõe quase totalmente devido a grande quantidade de nitrogênio do esterco.

A suinocultura e a avicultura intensivas, em particular, constituem-se grandes produtoras de proteína animal de alta qualidade. As principais regiões produtoras, Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste do Brasil, são hoje detentoras de 2.9 milhões de matrizes suínas e 675 milhões de aves, atingindo de 90 a 95 % da produção tecnificada, com uma produção de 9.7 milhões de toneladas de carne. A bovinocultura de leite, localizada nas regiões Sudeste (38 %), Centro-Oeste (17 %) e Sul (16 %), detém em torno de 85 % dos 7,5 bilhões de litros produzidos. Os sistemas de produção são de forma extensiva, na sua maioria, nos quais os dejetos são distribuídos aleatoriamente pelos pastos, excetuando-se os confinamentos. Em

adição a produção de alimentos gera-se aproximadamente 1,7 bilhões de toneladas de dejetos ao ano. Independentemente da maneira como considerados, os dejetos animais apresentam alto risco de poluição do solo e água, quando empregados acima da exigência das culturas, especialmente, em termos da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). As rações de suínos e de aves são concentradas e, em função do baixo índice de aproveitamento dos animais, proporcionam dejetos com alta concentração de elementos (KONZEN et al., 2005).

Na Europa oriental o esterco de bovino é responsável por 30 % do nitrogênio, 48 % do fósforo e 63 % do potássio aplicado nas culturas, sendo grande parte provinda de unidades intensivas de produção de gado. Embora algumas regiões tenham excesso de esterco de gado, outras têm baixa produção, o que torna o transporte de uma região para outra, um problema, de acordo com EFMA (1997).

A conversão efetiva dos alimentos ingeridos pelos animais em crescimento e aumento de peso vivo varia de 40 % a 60 %, sendo o restante eliminado nos dejetos. Os bovinos, por sua vez, convertem cerca de 30 a 40 % do alimento ingerido em produção (KIEHL, 1985). Alguns exemplos da composição de nutrientes de esterco são citados por Comissão..., (2004). Segundo essa publicação, o esterco sólido de suínos possui 2,1 % de N, 2,8 % de P_2O_5 e 2,9 % de K_2O . A maior parte dos criatórios suinícolas produz dejetos com teor de matéria seca em torno de 3 %. Os criatórios avícolas produzem dejetos com até 75 % de sólidos; e os de produção de leite, com até 20 % de matéria seca.

O esterco de aves se destaca em comparação aos outros esterco, em conteúdos de nutrientes, Segundo Giardini (1992), o esterco de poedeira é mais rico em nutrientes do que o de outros animais, pois estas aves normalmente se alimentam de rações concentradas.

O conteúdo de nitrogênio dos esterco apresenta uma variação considerável com o passar do tempo, e com o tipo e qualidade da forragem fornecida aos animais. A relação entre os nutrientes, freqüentemente, não atende as exigências das culturas e pastagens. Por último, e talvez mais importante, a mineralização da fração de nitrogênio orgânico depende da temperatura e do teor de umidade do solo, das práticas de cultivo e do teor de matéria orgânica do solo. Dessa forma, constata-se que não é simples controlar a liberação de nitrogênio para as culturas, (POWLSON et al., 1989).

Conforme indicado na tabela 1, o esterco de aves apresenta concentração mais elevada de N e de P, em relação a outros tipos de esterco.

Tabela 1. Teores de nitrogênio, (N) fósforo (P_2O_5) e potássio (K_2O) e relação carbono/nitrogênio (C/N) de esterco de animais (teores na matéria seca)

Adubo	M. O.	N	P_2O_5	K_2O	C:N
Esterco de bovinos	57	1,7	0,9	1,4	32:9
Esterco de eqüinos	46	1,4	0,5	1,7	18:1
Esterco de suínos	53	1,9	0,7	0,4	16:1
Esterco de ovinos	65	1,4	1,0	2,0	32:1
Esterco de aves	50	3,0	3,0	2,0	11:1
Composto orgânico	31	1,4	1,4	0,8	-
Resíduo Urbano	29	1,4	0,2	1,0	-

M.O.: matéria orgânica Fonte: Adaptado de Kiehl (1985) e Lopes (1989).

De-Polli et al. (1988), estudando a composição química de esterco, observaram que eles variam com a idade do animal, espécie e tipo de alimentação; assim, o esterco de aves, que tem maior teor de N, misturado com maravalha tinha 2,74 % de N e sem maravalha 3,35 % de N.

A principal reserva de N do solo é a matéria orgânica, com grande significado para o suprimento desse nutriente para as culturas. O N orgânico é mineralizado à amônio que é convertido a NO_3^- , pela ação de bactérias nitrificantes. O nitrato é de alta mobilidade no solo, principalmente na camada superficial, devido a ausência de adsorção e à predominância de cargas negativas no complexo coloidal do solo, decorrente, sobretudo, da presença da matéria orgânica. Diante disso, a forma de NH_4^+ pode ser adsorvida às cargas negativas do solo. Tanto a forma nítrica como a amoniacal são absorvíveis pelas plantas (THICKE et al., 1993). A curto prazo, a dinâmica do N no solo é difícil de ser prevista. A quantidade de N inorgânico no solo depende, entre outros fatores, da disponibilidade de resíduos orgânicos, da relação C:N do solo, da umidade e do pH do solo. Em contrapartida, o teor total de N do solo praticamente não varia a curto prazo, ou mesmo no período de alguns anos (Van RAIJ, 1991).

Em relação a micronutrientes, também se têm verificado aumento dos teores no solo com a intensificação da adubação orgânica (ANDREOLA et al., 2000a; BAYER & MIELNICZUK, 1997), além da possibilidade de movimentação de metais tóxicos, com a aplicação

de elevadas quantidades de biossólidos, associada à alta precipitação pluvial (ANJOS e MATTIAZZO, 2000).

Ernani & Gianello (1982), determinaram o conteúdo de Mn e Zn em cama de poedeira, sendo esses valores de 240 mg kg⁻¹ e 210 mg kg⁻¹, respectivamente.

Benefícios da adubação orgânica

Do ponto de vista da sustentabilidade de sistemas de produção, a aplicação de resíduos orgânicos, unicamente como forma de restabelecer o balanço de nutrientes do solo, tornou-se uma função de menor importância. A sincronia entre a liberação de nutrientes e a necessidade das plantas é o aspecto mais importante (BÜNEMANN et al., 2004).

Além do fornecimento de nutrientes ao solo, Konzen et al. (2005) avaliaram a composição química do solo e o rendimento da matéria seca do feijão, após a aplicação de cama de frango, esterco de bovino e adubação mineral. Com o esterco de frango o solo apresentou teores mais elevados de nutrientes (P, K e Ca) do que os demais fertilizantes orgânicos, tendo sido o rendimento de matéria seca do feijão similar ao tratamento com adubação mineral.

Os resíduos orgânicos, dependendo da quantidade usada, podem contribuir para a agregação do solo, melhorando a estrutura, a aeração, a drenagem e a capacidade de armazenamento de água (COMISSÃO..., 2004).

Vários estudos têm demonstrado a eficiência dos resíduos orgânicos na melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo e no aumento da produtividade das culturas Holanda, et al. (1982) observaram que a adição de esterco de poedeira ao solo resultou em aumento da CTC, dos teores de Ca e Mg, e reduziu a saturação por alumínio. Ernani e 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. Scherer (2001), analisando a resposta da cultura de milho a doses combinadas de superfosfato triplo e cama de frango, observaram que este esterco pode substituir o adubo mineral como fonte de fósforo.

O esterco de aves tem variável quantidade de N na sua composição, que fica na dependência da facilidade de degradação do composto, sendo o esterco de aves com uma baixa C:N, o que faz que ela disponibilize rapidamente os nutrientes, principalmente o N.

No solo, o aumento do teor de matéria orgânica causa, entre outros efeitos, 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).

Para Moreira e Siqueira (2002), a adição de material orgânico favorece a solubilização microbiana do fosfato, sendo este efeito relacionado com a natureza desse material. Esses autores

afirmam, ainda, que a solubilização do P no solo pode resultar da produção de CO₂ e de ácidos orgânicos, oriundos da mineralização do C orgânico e da produção de enzimas e compostos quelantes e complexantes pela microbiota.

Efeito no controle de doenças

Com a aplicação de esterco há redução da população de patógenos, aumento do teor de matéria orgânica do solo e da capacidade de troca de cátions, além da diminuição de densidade do solo (BULLUCK et al., 2002). O uso de composto orgânico é prática viável para o manejo de patógenos (PEREIRA et al., 1996). Além do efeito benéfico sobre as características físico-químicas do solo, os compostos orgânicos atuam sobre as populações de patógenos e antagonistas e contribuem para induzir a supressividade das doenças do solo. Conforme Boff et al. (2005) o manejo orgânico do solo, com o uso de composto ou biofertilizante, propicia a nutrição adequada das plantas de cebola, com alta taxa de micorrização, tornando-as mais tolerantes ao ataque de *B. squamosa*.

Bulluck et al. (2002) afirmam que compostos orgânicos, usados como melhoradores da fertilidade do solo, podem resultar em incremento da matéria orgânica e da atividade biológica do solo. Conforme os resultados desses autores, condicionadores orgânicos de solo, como o esterco bovino e o composto de caroço de algodão, podem ser superiores aos fertilizantes sintéticos, por melhorarem os

atributos biológicos, físicos e químicos do solo, incrementando a produtividade das plantas. Para Bulluck & Ristaino (2002), o uso de compostos orgânicos do solo pode resultar em melhoria da qualidade do solo e no controle de doenças de plantas.

Muitos trabalhos mostram que os adubos orgânicos têm efeitos nematicidas, quando aplicados em doses elevadas (20 t ha^{-1}) (DIAS et al., 1999, ASMUS et al., 2002, RODRIGUEZ-KÁBANA 1986, WHITEHEAD 1964, & MAC BRIDE et al., 1999). Segundo esses autores a ação nematicida decorrente da aplicação de produtos orgânicos ao solo pode ser resultado do efeito tóxico direto da cama de aviário ou da produção de compostos tóxicos durante o processo de decomposição. Na cultura da batata, o efeito nematicida do tratamento orgânico tem sido atribuído a alteração microbiana do solo, provocada pela inoculação de microrganismos (fungos e bactérias) presentes na cama de aviário (ODUOR-OWINO & WAUDO, 1996; e RIEGEL et al., 1996).

Zucato et al. (1986) observaram o efeito da adubação orgânica e mineral sobre a dinâmica populacional de pragas, presença do mosaico dourado e a produção na cultura do feijão. Esses autores verificaram aumento do número de plantas com sintomas de mosaico dourado, quando foi utilizado esterco de aves poedeiras e uma menor incidência com fontes de fertilizante mineral e esterco de curral. Segundo os autores, embora tenha aumentado o número de plantas

com sintomas, os tratamentos com adubação orgânica propiciaram um significativo aumento de produção.

Rubeiz et al. (1995) observaram o efeito de aplicação de cinco diferentes adubações orgânicas e inorgânicas sobre a população de mosca branca *B.tabaci*, em plantas de *Cucumis melo* L, cultivar Annanas F1, em casa de vegetação. Os autores verificaram que a aplicação de esterco de ave reduz a população de mosca branca na cultura, recomendando a sua utilização em substituição à adubação mineral nitrogenada, auxiliando, assim, na diminuição do uso de inseticidas no controle desta praga.

Efeito imediato e residual de adubos orgânicos

Em geral, os trabalhos que testam a eficiência de adubos orgânicos avaliam mais o efeito desses fertilizantes no primeiro cultivo. Entretanto, o estudo do efeito residual dos estercos se torna importante, porque fornece informações sobre o potencial de liberação de nutrientes pelos adubos orgânicos, nos cultivos seguintes.

Os nutrientes adicionados com a adubação no sistema de plantio direto (SPD), principalmente aqueles com menor mobilidade, como é o caso do P, permanecem nas camadas mais superficiais do solo, criando gradientes de concentração com as camadas inferiores (MUZILLI, 1983; KLEPKER & ANGHINONI, 1995; RHEINHEIMER et al., 1998; FALLEIRO et al., 2003). Esse fato também é observado quando são utilizados adubos orgânicos em

sistemas com baixo grau de mobilização do solo (QUEIROZ et al., 2004; SCHERER & NESI, 2004; SILVA et al., 2004).

A velocidade de aproveitamento dos nutrientes fornecidos por um material orgânico depende da facilidade com que esse material pode ser decomposto, de suas características químicas e do pH do meio onde este se encontra. O material rico em celulose é decomposto três vezes mais rápido, em relação às partes lenhosas ricas em taninos (LARCHER, 2000). Essa diferença no tempo de decomposição dos esterco resulta em diferentes períodos de liberação de nutrientes no solo. A matéria orgânica adicionada ao solo não disponibiliza, de imediato, as quantidades totais dos nutrientes para as plantas. Desse modo, a aplicação contínua de fertilizantes orgânicos tende a favorecer o acúmulo gradual dos nutrientes no solo, propiciando um efeito residual para os cultivos subsequentes. Santos et al. (2001) observaram que a adubação com composto orgânico proporcionou efeito residual sobre a produção de alface, cultivada 80 a 110 dias, após a aplicação do composto. Os autores constataram, ainda, que o aumento da quantidade de adubo orgânico promoveu aumento dos teores de bases trocáveis e de fósforo, e dos valores da capacidade de troca de cátions (CTC) do solo.

Em um estudo do efeito residual de esterco de aves, Nyakatawa et al. (2001) observaram que o efeito do esterco aplicado no algodão dois anos antes foi capaz de suprir parte do N requerido pelo milho.

Para uma mesma quantidade de nutrientes requerida pelas plantas, necessita-se aplicar maior volume de esterco, em relação ao fertilizante mineral, devido à baixa concentração em nutrientes do adubo orgânico. Além disso, grande parte dos nutrientes do esterco está na forma orgânica e necessitam ser mineralizados, para se tornarem disponíveis às plantas (KIEHL, 1985). Johnston (1997) relata, com base em experimentos na Inglaterra, conduzidos por muitos anos, a importância da incorporação da matéria orgânica. Segundo esse autor, os rendimentos das culturas foram os mesmos, comparando áreas que receberam fertilizante mineral (NPK) e esterco de curral, contanto que a quantidade de N aplicada fosse adequada.

A baixa concentração de nutrientes, principalmente de fósforo nos estercos (exceção feita ao de aves) justifica, em certos casos, o seu enriquecimento com superfosfato simples. Resíduos com relação C:N igual a 60:1 demoram de 30 a 60 dias para serem bioestabilizados; enquanto que resíduos com relação C:N entre 60:1 e 33:1 irão imobilizar nitrogênio, isto é, transformarão nitrogênio mineral, nas formas nítricas e amoniacais solúveis, em nitrogênio orgânico não solúvel (KIEHL, 1985).

O potássio aplicado na forma orgânica comporta-se como o aplicado na forma mineral, uma vez que ele não faz parte de nenhum composto orgânico estável; portanto, não precisa ser mineralizado. Verifica-se que, dependendo do esterco, 80 % do P_2O_5 aplicado mineraliza no primeiro cultivo e 20 % no segundo; o mesmo ocorre

com o nitrogênio, nas taxas de 60 % e 20 % para os dois primeiros cultivos, respectivamente. No segundo cultivo, além do efeito residual do P e do K, mineralizados no primeiro cultivo, estará disponível, aproximadamente, 20 % dos totais, tanto do N como do P_2O_5 , aplicados por ocasião do primeiro cultivo. A partir do terceiro cultivo, a totalidade do N, P_2O_5 e K_2O aplicados na forma de esterco já se encontra mineralizada e a quantidade disponível nesse cultivo dependerá das doses aplicadas anteriormente e dos fatores que afetam o efeito residual de cada nutriente, avaliado na forma usual, mediante análise química (KIEHL, 1985).

Os adubos orgânicos sólidos e líquidos apresentam concentrações e taxas de liberação de nutrientes no solo muito variáveis, as quais afetam a disponibilidade para as plantas. (COMISSÃO..., 2004). Os índices de eficiência indicam a proporção e a qualidade total dos nutrientes contidos nos adubos orgânicos sólidos e líquidos, disponibilizada nos dois primeiros cultivos após aplicação. A fração mineral do esterco e os elementos mineralizados no solo têm o mesmo efeito que os nutrientes contidos em fertilizantes minerais solúveis.

Os índices de eficiência dos nutrientes mostram que os esterco de animais alimentados com rações concentradas apresentam maior disponibilidade inicial de nutrientes para as plantas do que os esterco de animais alimentados a pasto (COMISSÃO..., 2004).

O índice de eficiência dos nutrientes no solo de cama de frango, e outros esterco, são mostrados na tabela 2, como os mais próximos ao material trabalhado neste estudo, sendo que para RS e SC não existem índices de eficiência de esterco puro de ave poedeira.

Tabela 2. Índices de eficiência de esterco (COMISSÃO..., 2004)

	Nutrientes Totais	1 Cultivo	2 Cultivo
Esterco sólido de Suínos	N	0,6	0,2
	P	0,8	0,2
	K	1,0	-
Cama de frango	N	0,5	0,2
	P	0,8	0,2
	K	1,0	-
Esterco sólido de bovinos	N	0,3	0,2
	P	0,8	0,2
	K	1,0	-

Segundo Kirchmann (1998), aproximadamente 30 % do nitrogênio excretado por animais nas fazendas são liberados para a atmosfera, nas etapas de armazenamento, pastoreio e aplicação dos esterco ao solo. Emissões de amônia de áreas com culturas em crescimento são baixas, mas as emissões podem ser maiores nos restos culturais em decomposição. A compostagem pode resultar em grandes perdas de amônia (NH₃) e de N₂O.

Os percentuais de perda de N por volatilização de NH₃ dependem das características do dejetos e do ambiente (umidade, temperatura e vento) e podem, segundo Gordon et al. (1988) e Thompson et al. (1990), ser baixos ou até superiores a 90 % do N

mineral aplicado. Dejetos com maiores teores de matéria seca favorecem as perdas de N por volatilização. Contudo, aplicar dejetos sobre uma superfície, com presença de plantas que diminuem a velocidade do vento, pode diminuir as perdas de amônia (SOMMER et al., 1991), pois ela pode ser absorvida pelos órgãos aéreos das plantas. A incorporação imediata do dejetos ao solo diminui as perdas de N por volatilização de amônia (BLESS et al., 1991).

Em estudos sobre mobilidade de N no solo, é mais comum o uso de dejetos líquidos de suínos, para explicar o efeito fertilizante que é atribuído à fração amoniacal presente neste material orgânico, a qual perfaz, aproximadamente, 50 % do N total. Estudos com enriquecimento da fração amoniacal de dejetos líquidos com ^{15}N indicam que 15 a 50 % do N contido nessa fração, quando aplicada ao solo, é recuperado no primeiro cultivo pelo milho (PAUL & BEAUCHAMP, 1995; CHANTIGNY et al., 2004). Parte do N amoniacal não recuperado pelas culturas permanece no solo, principalmente na camada superficial, na forma orgânica e parte é perdida do sistema via os processos de volatilização, lixiviação e desnitrificação (MORVAN, 1999).

No Brasil ainda não existem informações de pesquisa sobre o destino do N amoniacal aplicado ao solo com dejetos de suínos envolvendo o uso do isótopo ^{15}N . Essa técnica atualmente se restringe à avaliação da eficiência de fertilizantes minerais no fornecimento de N às culturas (DA ROS, 2004). Informações sobre o

destino do N amoniacal aplicado ao solo com dejetos na cultura do milho, principalmente em sistema plantio direto, onde o N amoniacal está sujeito a elevadas perdas por volatilização (PORT et al., 2003), são necessárias para melhorar o potencial fertilizante desse material orgânico.

Uma alternativa estudada para diminuir as perdas de nitrogênio por volatilização da amônia de cama de aves é a adição de algumas substâncias ou compostos à cama, que favorecem, através de reações químicas, o aumento na fixação do nitrogênio. Uma das substâncias ou compostos estudados para esse fim é o sulfato de cálcio ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), também conhecido como gesso agrícola. Segundo MALAVOLTA et al. (1979), durante o processo de fermentação do esterco perde-se até 60% do nitrogênio, na forma de amônia, em um período de quatro meses. GLÓRIA et al. (1991) avaliaram gesso agrícola e outros produtos, como inibidores da volatilização de amônia de três tipos de esterco. Dentre eles, a cama de frango apresentou valores intermediários nas perdas de nitrogênio, em relação ao esterco puro de galinhas poedeiras e ao esterco de bovinos em confinamento, em mistura com bagaço de cana. O superfosfato simples inibiu mais a volatilização do que o gesso, 58,9 e 39,3 %, respectivamente, sendo que os outros materiais testados não apresentaram ação inibidora.

O pH da cama tem um papel importante na volatilização de amônia. Uma vez formada, a amônia livre estará em uma das duas formas: NH_3 neutra ou na forma de íon amônio (NH_4^+), dependendo

do pH da cama (IVOS et al., 1966). Segundo CARR (1990), a concentração de amônia aumenta com o aumento do pH. A liberação de amônia é menor, quando o pH da cama está abaixo de 7, mas é substancial quando está acima de 8, sendo que a decomposição do ácido úrico é mais favorecida em condições de pH alcalino (TERZICH, 1997). Na literatura, verifica-se uma variação nos valores de pH da cama de frango, que atribuída à metodologia de análise. Os valores médios de pH encontrados por SAMPAIO et al. (1997), ao analisarem a adição de gesso à cama de maravalha em adição única ou adição parcelada, foram iguais JORGE et al. (1990) encontraram no final do experimento pH de 7,5 em cama de maravalha e 7,8 em cama tratada com calcário dolomítico.

Em geral, as quantidades disponíveis de N, P₂O₅ e de K₂O, em kg ha⁻¹, podem ser calculadas pela fórmula: $QD = A \times B / 100 \times C / 100 \times D$, sendo QD a quantidade disponível de N, de P₂O₅ e de K₂O, em kg ha⁻¹; A é quantidade do material aplicado em kg ha⁻¹; B é o % de matéria seca do material; C é o % do nutriente na matéria seca e D é o índice de eficiência de cada nutriente (COMISSÃO..., 2004).

O principal fator determinante da quantidade de adubo orgânico a ser aplicada é a disponibilidade e a dificuldade de seu manejo.

Neves et al. (2004) recomendam o uso do esterco compostado ou estabilizado por um período longo de tempo, com adição de calcário. Essa recomendação objetiva o uso seguro do

esterco na produção por possibilitar a eliminação de microrganismos patogênicos, que porventura existam.

Muitos adubos orgânicos são capazes de aumentar o rendimento de grãos do milho, incluindo esterco bovino (MENESES, 1993), esterco de suínos ou cama de aves (ERNANI, 1984). O esterco bovino aumentou também a quantidade de matéria seca da planta de milho cultivado para silagem (TRAN & N'DAYEGAMIYE, 1995).

As alternativas de reciclagem de dejetos de suínos, de aves e de bovinos mais adotados nas regiões do cerrado, segundo Embrapa Suíno e Aves (2005), são as adubações para produção de grãos e de forragens.

Meneses (1993), verificou que a aplicação de doses de esterco de aves, que variaram de 0 a 60 t ha⁻¹, aumentou o rendimento de grãos do milho de forma linear, no monocultivo, e de forma quadrática, quando o milho foi consorciado com o caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.).

Devido ao seu elevado teor de carbono, a matéria orgânica é a fonte energética por excelência para a ocorrência de diversos processos biológicos, que melhoram a disponibilidade de nutrientes do solo. Dentre esses processos merecem destaque a fixação biológica do nitrogênio, em associações simbióticas e assimióticas, e a disponibilização de fósforo em associações micorrízicas. Além disso, a matéria orgânica pode formar, com metais, compostos com elevada estabilidade, conhecidos como quelatos. Esses metais se tornam mais

disponíveis para as plantas porque os compostos apresentam maior solubilidade e porque muitos dos exudatos radiculares são capazes de retirar estes elementos das estruturas formadas com a matéria orgânica (MENESES, 1993).

Experimentos feitos pela Embrapa Milho e Sorgo (2000) mostram que a produção de milho em sistema de plantio direto, adubado com dejetos de suínos, de maneira exclusiva e combinada, alcançou produtividades que variaram de 6.400 até 8.400 kg ha⁻¹. A produtividade atingida com 50 m³ ha⁻¹, em aplicação exclusiva, foi 21 % superior à obtida com adubação mineral. Segundo essa mesma instituição, as doses de 75 e 100 m³ ha⁻¹ não propiciaram vantagem sobre a de 50 m³ ha⁻¹ de adubação com chorume de bovinos leiteiros, na produção de milho forragem, matéria seca e grãos.

Além dos esterco de suínos, aves e bovinos, a cama de frango, proveniente dos criatórios de frangos de corte, tem sido utilizada como adubo orgânico, na cultura de milho. Os rendimentos obtidos comprovam que os esterco de suínos, aves e bovinos constituem fertilizantes eficientes na produção de milho, tanto para grãos quanto para forragem.

Impacto ambiental dos esterco

O crescimento da agricultura e da pecuária, em razão do aumento da demanda e, em particular, da exploração animal em grande escala, tem gerado uma série de danos ao meio ambiente

relacionados à disposição final dos dejetos produzidos. As modificações no sistema produtivo visam o aumento da produtividade, com animais confinados em pequenos espaços e alimentados adequadamente, para maior ganho de peso em menores áreas e tempos possíveis. Com a intensificação da produção houve, como consequência, aumento do volume de dejetos gerados por unidade de área, os quais, às vezes, são lançados nos cursos d'água sem tratamento prévio ou sem manejo adequado. Assim, esses dejetos transformaram-se em fonte poluidora dos mananciais de água devido à alta concentração de matéria orgânica, nutrientes, além de patógenos e metais tóxicos (SCHERER & BALDISSERA, 1995), constituindo fator de risco à saúde animal e humana e obstáculo à expansão da produção como atividade econômica rentável.

Em função do volume, os dejetos de aves e de bovinos possuem potencial poluidor superior ao do dejetos humano. A água residuária produzida por vacas leiteiras gera uma demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5) de 4 a 14 vezes maior que a do esgoto urbano, enquanto a DBO_5 da água residuária da avicultura é, aproximadamente, 8 vezes maior do que a do esgoto urbano (KONZEN, 1980). Apesar das características poluidoras, os dejetos de aves e de bovinos, quando incorporados ao solo, podem melhorar suas propriedades físicas, químicas e biológicas, devido a seu alto conteúdo de matéria orgânica.

No estado do Paraná, a alta produção de resíduos da atividade leiteira propicia a utilização do esterco na adubação de culturas de interesse agrônômico, inclusive com destinação desses resíduos para fins de adubação agrícola, em propriedades familiares, que apresentam como principal característica a elevada diversificação de atividades, aspecto que em muito tem favorecido um histórico de longos períodos com adubação orgânica. Durante muitos anos, tal prática não acarretou maiores problemas, entretanto, diversos estudos têm demonstrado que esse manejo pode estar influenciando a qualidade da água, através do processo de eutrofização (McDOWELL & SHARPLEY, 2003; SHARPLEY et al., 2000; VALK et al., 2000).

O enriquecimento de P e de N das áreas agrícolas com a adubação com resíduos animais, muitas vezes é superior a exportação desses nutrientes pelas culturas agrícolas, afetando diretamente a qualidade da água. Segundo Sharpley et al. (2000), pequenas quantidades de P ($> 0,1 \text{ mg L}^{-1}$) carregados com a erosão hídrica são suficientes para promover condições de eutrofização ou hipertrofização em águas. Alguns países, como Estados Unidos e Canadá, já possuem estudos relacionados à determinação de áreas agrícolas com elevada restrição à entrada de P, a fim de preservar a qualidade dos recursos hídricos nessas regiões (SIMS, 2000). Os acúmulos de P, a longo prazo, em áreas com uso contínuo de esterco na adubação, ocorrem principalmente pelo fato das concentrações médias de nutrientes (N, P e K) no esterco serem muito próximas, e os cálculos de adubação ser realizados em função da necessidade de N pelas culturas, sobrando, dessa forma, P e K (SIMS, 2000).

Outro aspecto relevante ao impacto ambiental dos esterco é o fato da adequação da aplicação desses resíduos ao sistema de plantio direto, sem incorporação ao solo, elevando as concentrações de nutrientes na camada superficial do solo, já aumentadas pelo manejo dos resíduos culturais, neste sistema de plantio (SILVEIRA & STONE, 2002; ALVAREZ & GUARÇONI, 2003). Essa condição favorece, portanto, a contaminação da água de escoamento superficial, através do carreamento de partículas minerais e orgânicas de solo com altas concentrações de nutrientes. Entretanto, a utilização do esterco na adubação orgânica, aliada ao sistema de plantio direto, promove o aumento da matéria orgânica no solo, podendo alcançar profundidades maiores que a camada arável, quando utilizadas quantidades elevadas de esterco, dependendo principalmente da textura do solo e da ação da macrofauna (ANDREOLA et al., 2000a); além da liberação gradual de nutrientes (SOUZA & MELO, 2000; BAYER & MIELNICZUK, 1997).

O conhecimento da dinâmica dos nutrientes no solo a partir da superfície onde os fertilizantes são depositados é fundamental para estabelecer ajustes na recomendação de adubos e corretivos e, mais especificamente, quando da utilização de dejetos animais, que nem sempre fornecem nutrientes na proporção demandada nos diversos estádios de desenvolvimento das plantas. As maiores dúvidas na utilização de esterco na adubação estão ligadas aos efeitos a longo prazo, que ocorrem na condição de não-revolvimento

do solo (plantio direto). O melhor entendimento das modificações nos atributos químicos do solo, decorrentes da reciclagem de resíduos orgânicos e do uso de esterco na adubação, pode fornecer subsídios para a produção em bases sustentáveis e sem comprometer a qualidade do solo e da água.

3 MATERIAL E METODOS

O trabalho foi desenvolvido com a realização de dois experimentos, executados na área experimental, quadra B10, da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMV) da Universidade de Passo Fundo (UPF), no município de Passo Fundo, RS. A altitude deste município é 687 m sobre o nível do mar, a precipitação pluvial média anual é de 1.788 mm e a temperatura média anual é de 17,5°C, sendo o clima, segundo a classificação de Köppen, do tipo temperado (C) úmido (f) variando a subtropical (Cfa) (CUNHA, 1997).

O solo da área experimental pertence à unidade de mapeamento Passo Fundo, classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura argilosa (EMBRAPA, 2006).

Antes de implantar os experimentos na quadra B10, a área foi cultivada com soja. No primeiro experimento foi aplicado esterco de aves e cultivado trigo (efeito imediato). Esse cultivo foi sucedido por soja (efeito residual). No segundo experimento, foi cultivado milho (efeito imediato) e, após, feijão (efeito residual).

Antes do início do experimento, o solo foi amostrado, coletando-se cinco amostras compostas por parcela. A profundidade de amostragem foi de 0 a 10 cm (Tabela 3).

As análises de solo foram realizadas no Laboratório de Solos da FAMV/UPF, utilizando a metodologia descrita em Tedesco et al. (1995). Nessas amostras, foram analisados os teores de P e K disponíveis (Mehlich-I) os teores dos cátions trocáveis: Al, Ca, Mg e Mn (cloreto de potássio, 1 mol L⁻¹); S disponível (fosfato de cálcio, 500 mg de P L⁻¹); B disponível (água quente), e Zn e Cu disponíveis (ácido clorídrico, 0,1 mol L⁻¹). (Tabelas 3 e 4).

O teor de matéria orgânica do solo foi determinado com o método da solução sulfocrômica, usando calor externo e determinação espectrofotométrica do cromo reduzido (Cr³⁺). A acidez ativa foi determinada pelo pH em água (solo:água 1:1). Para a determinação do N mineral das amostras do solo, foi feita a extração com KCl 1mol L⁻¹ e, após a destilação em meio alcalino, titulação com H₂SO₄ 0,0025 mol L⁻¹. A determinação do N total foi feita por digestão com H₂SO₄ e H₂O₂, após e, em seguida, destilação com NaOH 10 mol L⁻¹ e titulação com H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹.

Para conhecer a composição química do esterco foi retirada uma amostra composta de cinco subamostras, no momento de descarregamento, na área experimental, na quantidade de 7 L⁻¹, Tabela 5. Para a determinação dos teores de água e de matéria seca, a amostra de esterco foi secada a 65°C e a 105 °C, em estufa com circulação de

ar, até peso constante. Os macronutrientes foram extraídos desse material por digestão com $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$ e mistura de digestão, sendo o nitrogênio (N) determinado pelo método semimicro Kjeldahl; o P por colorimetria; o K por fotometria de chama e o Ca e o Mg por espectrofotometria de absorção atômica (EAA). Os micronutrientes foram extraídos com digestão nitroperclórica ($\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$) e determinados por EAA.

Tabela 3. Atributos químicos e físicos da camada de solo de 0 a 10 cm, de amostras coletadas antes da instalação do experimento

Argila	pH	Ind.	P	K	MO	Al	Ca	Mg	H+Al	CTC	Saturação		
		SMP									Bases	Al	K
(%)	(H ₂ O)		mg dm ⁻³	(%)	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
45,0	5,4	5,9	23	239	3,1	0,3	4,0	2,3	4,9	11,6	58,0	4,0	4,4

Tabela 4. Teores de enxofre e de micronutrientes da camada de solo de 0 a 10 cm de amostras do experimento

S	B	Mn	Zn	Cu
.....mg dm ⁻³				
18	0,5	32	0,9	1,9

O pH foi determinado em água (esterco:água 1:1) e em solução de cloreto de cálcio $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ (esterco:CaCl₂, 1:5), conforme os métodos descritos em Tedesco et al. (1995).

O esterco de aves poedeiras proveio da empresa Natur Ovos, localizada no município do Salvador do Sul, RS. Ele foi obtido de um aviário de aves poedeiras, da raça Hy-line, que são criadas em sistema de confinamento. A ração utilizada é composta de alimentos que contém milho, soja, farinha de carne e farelo de arroz, além de calcário e sais minerais. As aves também são submetidas a um rigoroso controle de doenças. O esterco foi coletado em esteiras, no aviário, onde ele é armazenado durante cinco dias, sendo, após, transportado em caminhão até a UPF. A aplicação na área experimental foi realizada três dias após o esterco ter chegado na UPF. Antes de implantar os experimentos foi feita a dessecação da área com a aplicação do herbicida glifosato (2 L ha^{-1} de princípio ativo).

O esterco foi aplicado manualmente e a lanço, um dia antes da semeadura. Os tratamentos testados, nos dois experimentos, estão especificados na tabela 6 e as quantidades aplicadas de esterco constam na tabela 7.

Tabela 5. Atributos físico-químicos do esterco de ave poedeira utilizado nos experimentos de trigo/soja e milho/feijão, (base seca)

Atributo	Trigo	Milho
pH em água	8,78	8,55
pH em CaCl ₂	8,72	7,75
Condutividade elétrica (mS cm ⁻¹)	7,33	4,7
Umidade (65°C, %)	64,4	67,0
Umidade (105°C, %)	67,5	62
Carbono orgânico (%)	29,3	27,4
P ₂ O ₅ total (%)	3,5	3,6
K ₂ O total (%)	2,0	2,4
Mg total (%)	1,6	1,8
Ca total (%)	6,5	5,5
S total (%)	0,3	0,3
N total (%)	6,9	8,4
N mineral (%)	0,6	1,0
Densidade (kg dm ⁻³)	0,85	0,86
Relação C:N	20:3	18:3

Fonte: adaptada de Dos Santos (2007).

Tabela 6. Tratamentos testados nos cultivos de trigo e de milho

Tratamento
1 - Testemunha, sem adubação com N mineral ou N orgânico, mas com PO_2 , K_2O , Ca, Mg e S nas quantidades equivalentes ao tratamento 5.
2 - Adubação mineral (formulação com NPK no sulco, mais Mg, Ca e S), e uréia em cobertura nas quantidades equivalentes ao tratamento 5.
3 - Adubação com esterco, considerando que 100% do N total aplicado está disponível para o trigo. Para milho, 70%.
4 - Adubação com esterco, considerando que 65% do N total aplicado está disponível para o trigo. Para milho, 53%.
5 - Adubação com esterco, considerando que 50% do N total aplicado está disponível, para o trigo. Para milho, 35%.
6 - Adubação com esterco, considerando que 25% do N total aplicado está disponível para o trigo. Para milho, 18%.
7 - Igual ao tratamento 5, aplicado 15 dias antes da semeadura do milho.

Tabela 7. Quantidades de esterco e de nitrogênio (N) total aplicados no solo, um dia antes da semeadura das culturas de trigo e de milho

Tratamento	Trigo/soja		Milho/feijão	
	Esterco	N total	Esterco	N total
	t ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	t ha ⁻¹	kg ha ⁻¹
1	0	0	0	0
2	0	80 ¹	0	150 ²
3	2,8	80	6,7	214
4	4,2	120	8,9	284
5	5,6	160	13,4	428
6	11,2	320	26,8	856
7	-	-	13,4	428

¹: Semeadura (20 kg N ha⁻¹) + Cobertura (60 kg N ha⁻¹) ²: Semeadura (30 kg N ha⁻¹) + Cobertura (60 + 60 kg N ha⁻¹); 4-6 e 10-12 folhas expandidas, respectivamente).

Na tabela 8, estão especificadas as quantidades de P, K, Ca, Mg e S aplicadas nos tratamentos com esterco de aves.

No segundo experimento (milho/feijão), foi incluído um tratamento adicional, onde a quantidade de esterco foi equivalente ao tratamento 5, mais esse foi aplicado 15 dias antes da semeadura do milho. O delineamento experimental foi o mesmo nos dois experimentos: blocos ao acaso, com 4 repetições.

As dimensões das parcelas do primeiro experimento foram: 6 m de comprimento por 2,25 m de largura, totalizando 13,5 m² de área total. A área útil de colheita correspondeu a 7,8 m² (4 m x

1,95 m) e a colheita foi feita manualmente. Foi considerada uma bordadura de 1,0 m no início e no final de cada parcela.

Tabela 8. Quantidades de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre aplicados nos tratamentos com esterco de aves, nas culturas de trigo e de milho

Tratamento ¹	P ₂ O ₅		K ₂ O		Ca		Mg		S	
	.....kg ha ⁻¹									
	Trigo	Milho	Trigo	Milho	Trigo	Milho	Trigo	Milho	Trigo	Milho
3	98,0	241,2	56	160,8	182	368,5	5,2	12,7	2,8	6,6
4	147,5	320,5	84	213,6	208	489,5	7,3	17,3	4,1	8,7
5	196,0	482,5	112	321,6	364	737	10,5	25,5	5,5	13,1
6	392,1	965,9	224	643,2	728	1474,6	21,7	51,9	11,7	26,2
7	-	482,5	-	321,6	-	737	-	25,5	-	13,1

¹: 2,8; 4,2; 5,6 e 11,2 t ha⁻¹, respectivamente, na cultura do trigo e 6,7; 8,9; 13,4 e 26,8 t ha⁻¹, respectivamente, na cultura do milho.

No segundo experimento, as parcelas tiveram uma área total de 27 m², sendo as dimensões de 6 m de comprimento por 4,5 m de largura e a área útil de colheita foi de 2,7 m². Foi considerada também uma bordadura de 1,0 m no início e no final de cada parcela.

No primeiro experimento, foi semeado o cultivar de trigo BRS Camboatá, que apresenta ciclo e porte médio de planta, com boa resistência ao acamamento e moderadamente tolerante ao crestamento. Esse cultivar apresenta reação de resistência ao vírus do mosaico do trigo e é moderadamente resistente à ferrugem da folha, sendo, recomendada para região de Passo Fundo, pelo Centro Nacional de Pesquisa do Trigo (Embrapa Trigo).

Ajustou-se uma densidade de plantas, no experimento de trigo para 300 sementes aptas m⁻² e o espaçamento entre linhas foi de 0,17 m.

A semeadura foi realizada com a semeadora Semeato, modelo SHM, equipada com 15 linhas de distribuição das sementes. A adubação com esterco foi realizada manualmente e a lanço um dia antes da semeadura. A cultura do trigo foi manejada de acordo com as indicações técnicas preconizadas no Rio Grande do Sul.

Após o cultivo de trigo, foi semeada soja (*Glycine max* (L) Merrill), inoculada, cultivar Fundacep 55 RR, no dia 21/11/2006. Esse segundo cultivo foi utilizado para avaliar o efeito residual da adubação com esterco. O cultivar tem as seguintes características: tolerância ao glifosato e ao acamamento, com excelente sanidade foliar, grupo de

maturação 6.0 e hábito de crescimento semi-determinado. Na parcela do tratamento 2, foi feita a reposição dos nutrientes com fertilizantes minerais, conforme sugerido por Comissão... (2004). A colheita foi das 3 linhas centrais e realizou-se com colhedora experimental marca Wintersteiger Elite, no dia 05/04/2007.

No segundo experimento, foi cultivado milho (*Zea mays* L), semeado no cedo, e feijão (*Phaseolus vulgaris* L), após milho. As parcelas foram constituídas por 5 linhas e a área útil para a colheita totalizou 2,7 m², correspondente as 3 linhas centrais. A data da semeadura do milho foi em 06/09/2006, sendo a colheita realizada em 25/01/2007. O híbrido utilizado foi o Sprint (Syngenta), sendo híbrido simples, de alta produtividade e resistente ao acamamento, de grão duro e super precoce, mas com baixa tolerância às principais doenças. A semeadura foi feita com a semeadora Metasa, de 7 linhas, usada para plantio direto. No tratamento 2, os fertilizantes minerais foram aplicados a lanço, na semeadura, e o N, foi aplicado também em cobertura, no estágio de 5-6 folhas (50 %) e no estágio de 10 folhas (início da folha índice, definida como aquela oposta e abaixo da primeira espiga). O K, o P e o N foram aplicados de acordo com a necessidade do solo e das culturas, segundo as recomendações da Comissão... (2004).

O cultivo de feijão foi utilizado para avaliar o efeito residual na cultura sem adubação com esterco, sendo esse efeito testado em sucessão ao milho. O cultivar de feijão foi o BRS Valente

(semente preta), que tem porte ereto, é resistente ao acamamento e é de ciclo intermediário (COMISSÃO..., 2004). A sementeira foi realizada em 08/02/2007, com a sementeira Metasa, de 7 linhas. Nas parcelas correspondentes aos tratamentos 1 e 2, foi aplicada adubação de reposição de nutrientes, com fertilizantes minerais, conforme indicado em Comissão... (2004).

Para calcular a recuperação pela planta, do N aplicado, foi utilizado o índice de recuperação aparente de N, proposto por Mitchell e Teel (1977), cuja fórmula de cálculo é:

Recuperação aparente de N (%) = $[(N \text{ Ac. Trat.} - N \text{ Ac. Test.}) / N \text{ Apl.}] * 100$, em que:

- Rec. Ap. N: recuperação aparente de N;
- N Ac. Trat: quantidade acumulada de N no tratamento;
- N Ac. Test: quantidade acumulada de N na testemunha;
- N Apl: Quantidade de N aplicada no tratamento.

Durante o ciclo das culturas adubadas com esterco, foi avaliado o teor de N mineral no solo. No trigo, essa avaliação foi realizada aos 7 dias após sementeira, no início do afilamento e no florescimento. No milho as avaliações de N no solo foram em duas épocas: no estágio de 8 a 10 folhas expandidas e no estágio do pendoamento. O teor de N mineral na planta foi avaliado no início de afilamento, na floração e nos grãos de trigo. No milho, essa variável foi analisada no estágio de 8 a 10 folhas, na folha índice e nos grãos.

Nas culturas de trigo e de milho, foram avaliados os teores dos macro e micronutrientes das plantas e dos grãos e o PH (peso do hectolitro) dos grãos de trigo. Em todas as culturas, foi avaliado o rendimento de grãos, sendo esse expresso a 13 % de umidade, e em kg ha⁻¹. Para a determinação dos componentes do rendimento de trigo, foram colhidas as plantas presentes em um metro linear, na linha central das parcelas. Após, foram feitas a determinação do número de grãos espiga⁻¹ e realizada a contagem do número de espigas. O número de grãos m⁻² foi obtido com a multiplicação do número de grãos espiga⁻¹ pelo n° de espigas m⁻². O peso de mil grãos foi avaliado nas amostras colhidas e secadas a 65° C. O PH foi determinado em amostra com a umidade existente no momento da colheita dos grãos, corrigindo-se a umidade do grão para 13 %.

No caso do milho, as avaliações dos componentes de rendimento foram feitas em plantas colhidas nas 3 linhas centrais da parcela. Para determinar o número de grãos por espiga, foram avaliadas 10 espigas. O peso de mil grãos foi avaliado na amostra colhida e secada a 65° C. Nas culturas utilizadas para avaliar o efeito residual da adubação com esterco (soja no primeiro experimento e feijão, no segundo experimento), foram avaliados os seguintes fatores: rendimento de grão e o teor de N total no grão dos tratamentos 1, 2 e 5 (soja) e 1, 2, 5 e 7 (milho). O rendimento foi expresso em kg de grãos ha⁻¹, corrigindo-se a umidade para 13 %.

A coleta de solo, para avaliar o N mineral e o N total foi efetuada com trado calador, coletando-se 5 subamostras por parcela, na profundidade de 0 a 5 cm, 7 dias após a aplicação do esterco. Os resultados de N mineral foram discutidos no trabalho, enquanto que os de N total foram utilizados para estimar a recuperação aparente do N aplicado.

A segunda coleta de solo foi feita no estágio 3 (afilhos formados) do trigo. A terceira época de amostragem foi no estágio 10.5.1 (início do florescimento) da escala Feeks e Large. As profundidades amostradas foram de 0 a 5 cm e de 5 a 10 cm. Na cultura de milho, as amostras de solo foram coletadas quando as plantas apresentavam 8 folhas expandidas e quando apresentavam 10 folhas expandidas. As amostras foram colocadas imediatamente no congelador, para evitar mineralização do N orgânico, até a análise. As amostragens de solo foram feitas no mesmo dia das amostragens das plantas. Para expressar os resultados do N mineral, em base seca, as amostras foram secadas em estufa até peso constante e a 105° C. Após elas foram moídas e peneiradas. Para extrair o N mineral, uma amostra úmida de 0,500 g foi colocada em frascos de vidro, contendo 50 mL de solução KCl 1 mol L⁻¹. Os frascos foram agitados em agitador, por 30 minutos, a 210 rpm. Em seguida, a determinação do N mineral foi realizada com a destilação de uma alíquota de 20 mL do filtrado, ao qual foi adicionada 0,200 g de óxido de magnésio e 0,200 g de Liga Devarda, em destilador de arraste de vapores, do tipo

semimicro Kjeldahl. O destilado foi coletado em erlenmeyer, contendo 5 mL da solução indicadora de ácido bórico, para, em seguida, realizar a titulação com H_2SO_4 0,0025 moles L^{-1} (TEDESCO et al., 1995). Os resultados foram expressos em mg de N kg^{-1} de solo seco.

Nos experimentos onde se avaliou o efeito residual, foram feitas amostragens das folhas índices das plantas de soja (terceiro trifólio superior, da haste central, coletado no estágio R2), e de feijão (Trifólio do terço médio coletado no florescimento) usando o procedimento descrito em Comissão... (2004), e determinados os teores de macro e de micronutrientes, conforme metodologias descritas em Tedesco et al. (1995).

Para a determinação do teor de N total no solo, procedimento realizado para estimar a recuperação aparente desse nutriente, realizou-se a digestão de 0,200 g de amostra após estas serem secadas em estufa, moídas em almofariz e passadas em peneira de 0,200 mm. A digestão foi realizada com 1 mL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), 2 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) e 0,7 g de mistura de digestão (Na_2SO_4 + $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ + selênio metálico). Após a digestão, procedeu-se a destilação, em destilador de arraste de vapor (semi-micro Kjeldahl), com adição de hidróxido de sódio (NaOH 10 mol L^{-1}). Da mesma forma que para o N mineral, o destilado foi coletado em solução contendo indicador de ácido bórico e, em seguida foi realizada a titulação com H_2SO_4 a 0,025 mol L^{-1}

(TEDESCO et al., 1995). Os resultados foram expressos em mg de N kg^{-1} de solo seco.

Para a determinação do N total no tecido vegetal do trigo, foram coletadas plantas de duas fileiras (comprimento de 0,40 m e largura de 0,15 m), totalizando uma área útil de 0,12 m^2 , em dois períodos: no estágio 3 (afilhos formados) e no estágio 10.5.1 (início do florescimento), da escala Feeks e Large (MUNDSTOCK, 1999).

Na cultura de milho, foram colhidas 20 plantas/parcela, nos estádios de 8 a 10 folhas expandidas. Imediatamente após a coleta, o material vegetal coletado foi colocado em estufa, a 65° C, até peso constante. Uma vez seco, esse material foi moído em moinho tipo Willey, com peneira de 0,5 mm de diâmetro. A extração do N e os demais macronutrientes no tecido vegetal foi realizada com digestão (0,200 g da amostra), por $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$ e mistura de digestão, sendo os macronutrientes determinados com os métodos descritos anteriormente, para análise de solos. Os micronutrientes foram extraídos com digestão (1,00 g da amostra) nitroperclórica ($\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$), e determinados por EAA. O B foi determinado para as amostras de soja e feijão, por colorimetria, em curcumina em solução alcoólica no Laboratório de Solos da UPF, conforme metodologia descrita em Tedesco et al. (1995).

O controle de doenças e de pragas foi feito seguindo as práticas recomendadas para cada uma das culturas utilizadas. No trigo, foram aplicados os seguintes defensivos: Ópera (600 mL ha^{-1}) mais

Dimetoato (700 mL ha^{-1}); Ópera (600 mL ha^{-1}) e Certero (60 mL ha^{-1}); Nativo (750 mL ha^{-1}) e Certero (60 mL ha^{-1}). Na cultura da soja, foi aplicado no tratamento de semente: Gaucho FS (2 mL kg^{-1} semente) e Vitavax Thiram 200 (6 mL kg^{-1} de semente), Certero (40 mL ha^{-1}) e Glifosato (2 L ha^{-1}), Ópera (600 mL ha^{-1}), Certero (30 mL ha^{-1}) e Tamarón (600 mL ha^{-1}).

No segundo experimento, na cultura de milho, foi aplicado Atrazina (2 L ha^{-1}) mais Karate Zeon (50 mL ha^{-1}), Lanate (600 mL ha^{-1}) mais Certero (50 mL ha^{-1}). No feijão foi aplicado: Vitavax Thiram 200 (6 mL kg^{-1} de semente) e Gaucho (2 mL kg^{-1} semente), Cercobin (140 g ha^{-1}) mais Tamarón (800 mL ha^{-1}), e novamente uma terceira aplicação com esses produtos.

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância, análise de regressão e comparação de médias, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Efeito imediato do esterco de aves sobre o rendimento de trigo

O rendimento de grão de trigo variou pouco entre os tratamentos. Os maiores rendimentos foram obtidos com a aplicação de uréia e com as duas menores doses de esterco ($2,8$ e $4,2 \text{ t ha}^{-1}$),

respectivamente, 4.129, 4.249 e 4.071 kg ha⁻¹ (Tabela 9). Os resultados dessa tabela também mostram que o rendimento de grão no tratamento testemunha foi de 3.196 kg ha⁻¹ e que tendeu a decrescer com a aplicação das doses maiores que 4,2 t ha⁻¹ de esterco.

Embora o tratamento com uréia tenha proporcionado incremento de 29 % no rendimento de grão, em relação ao obtido na testemunha, ou seja, 933 kg ha⁻¹, não houve diferença entre a aplicação desta fonte de N e os tratamentos com as duas menores doses de esterco.

Possivelmente, a pouca diferença no rendimento de grãos obtidos com os tratamentos testados deva-se a elevada fertilidade do solo da área experimental, incluindo o teor de 3,1 % de matéria orgânica (Tabela 3), além do solo dessa área estar sendo manejado há vários anos sob o sistema de plantio direto. Da mesma forma, a soja que precedeu ao trigo também teve alto rendimento de grãos. Gramíneas de inverno, em geral, têm sido beneficiadas com a liberação do N₂ fixado por leguminosas de verão, principalmente, a soja (AITA et al., 2004). Essas leguminosas mantêm mais N no sistema (AMADO et al., 2003), sendo esse disponibilizado lentamente as plantas (AITA et al., 2001).

Tabela 9. Efeito de diferentes doses de esterco de ave poedeira no rendimento de grãos (RG), no peso do hectolítrico (PH), no número de espigas por área m² (NEA), no peso de mil grãos (PMG) e no número de grãos por espiga (NGE) de trigo (efeito imediato) e no RG de soja (efeito residual). Safras 2006 e 2006/2007, respectivamente

Tratamento	Nitrogênio ¹.....kg ha ⁻¹	RG, Trigo ² kg ha ⁻¹	PH kg hL ⁻¹	NEA Espiga m ⁻²	PMG g 1000 grãos	NGE	RG, Soja ² kg ha ⁻¹
Testemunha	0	3.196 b	85,6 a	401 ^{ns}	33,4 ^{ns}	24 c	4.219 ^{ns}
Uréia	80	4.129 a	83,4 bc	553	31,0	31 ab	3.834
2,8 t ha ⁻¹	80	4.248 a	82,8 c	523	31,5	31 ab	4.318
4,2 t ha ⁻¹	120	4.071 a	84,5 abc	451	29,6	29 ab	3.870
5,6 t ha ⁻¹	160	3.800 ab	85,2 ab	518	28,5	28 b	4.098
11,2 t ha ⁻¹	320	3.735 ab	84,6 ab	494	31,9	32 a	4.176
C.V. (%)		7,3	9,0	16,9	4,4	4,8	8,0

¹: N total. ²: Umidade = 13 %. ^{ns}: não significativo (P>0,05). Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Neste experimento, os resíduos culturais da soja, que precedeu ao trigo, podem ter mineralizado cerca de 70 a 80 kg ha⁻¹ de N, considerando a estimativa de contribuição desses resíduos equivalente a 1 kg de N por cada saco de grãos de soja colhido (HALVORSON et al., 1987).

A safra de trigo 2006 foi caracterizada por ocorrência de geada, na fase reprodutiva do trigo, quando semeado entre maio e a metade de junho (EMBRAPA TRIGO, 2006). Nas semeaduras realizadas na segunda quinzena de junho não houve problemas com geada, sendo que as condições de desenvolvimento do trigo foram ótimas (temperatura e luminosidade) na fase mais crítica dessa cultura. Isso influenciou a expressão do potencial de rendimento do experimento, tendo a emergência das plantas ocorrida em 4 de julho, possibilitando a obtenção de altos rendimentos.

Dos componentes do rendimento avaliados, o número de grãos por espiga foi o que acompanhou a variação observada no rendimento de grão dos tratamentos (Tabela 9). Esse componente é o mais influenciado pela adubação nitrogenada, quando o N é aplicado entre as etapas iniciais até a expansão da sétima folha (BREDEMEIER e MUNDSTOCK, 2001). Nesse sentido, Rodrigues et al. (2007), analisando resultados obtidos em diferentes estudos, realizados ao longo de mais de 50 anos, constataram que há alta correlação entre o número de grãos por unidade de área e o incremento no rendimento de grãos de trigo.

Ao contrário do número de grãos por espiga, o valor de PH foi maior nos grãos provenientes da parcela testemunha (Tabela 9). Possivelmente, isso se deve ao menor número de grãos observado na testemunha, pois isso possibilita maior aproveitamento ou redistribuição de fotoassimilados, aumentando o PH dos grãos. Assim, nos tratamentos com esterco e com a aplicação de uréia, os fotoassimilados foram destinados a formar mais afilhos ou mais grãos por área, decrescendo o PH, conforme comprovado por Dartora (2002), em experimentos desenvolvidos com suprimento de N em aveia. Os valores de PH obtidos em todos os tratamentos foram superiores ao padrão tipo I de PH (78), estabelecido pela norma de identidade, qualidade, embalagem e apresentação de trigo (Portaria nº 167 de 29/07/1990, do Ministério da Agricultura e Abastecimento do Brasil).

No tratamento com 2,8 t ha⁻¹ de esterco o rendimento foi semelhante ao obtido com a aplicação de uréia. Isso indica que neste experimento, 80 kg de N total adicionados na forma de esterco, proporcionaram o mesmo rendimento obtido com 80 kg de N adicionado na forma de uréia. Esse efeito do esterco sobre o rendimento de trigo também pode estar associado aos demais nutrientes e aos compostos orgânicos presentes nesse material. Isso sugere que a eficiência do N do esterco pode ser maior que a indicada nas recomendações técnicas, para a cama de frango, que é de 50 %, no primeiro cultivo (COMISSÃO..., 2004). Dessa forma, persistem dúvidas quanto ao índice de eficiência do esterco de ave poedeira, pois

o índice de 50 %, sugerido pela pesquisa, é menor que o índice de 100 % obtido neste experimento.

Considerando o custo do esterco aplicado (R\$ 75,00 t⁻¹, ou cinco sacos de milho, na época de instalação do experimento) e o custo da adubação da cultura do trigo, incluindo a aplicação de fertilizantes contendo N (na semeadura e em cobertura), P e K (R\$ 223,70 ha⁻¹; DE MORI, 2006), o custo da adubação utilizando 2,8 t ha⁻¹ do esterco de aves pode ser considerado semelhante ao da aplicação da formulação NPK e uréia. Assim, o retorno econômico da utilização de 2,8 t ha⁻¹ de esterco de aves é semelhante ao obtido com a aplicação de fertilizantes minerais, contendo N, além de P e K e outros nutrientes (Tabela 6). Contudo, se o esterco for comparado somente com a aplicação de uréia, o custo da adubação com 2,8 t ha⁻¹ de esterco de aves é maior do que o dessa fonte de N. Por outro lado, uma vantagem da adubação com esterco é que esse material é aplicado uma só vez, durante a implantação da cultura, ao contrário da adubação mineral, que é aplicada, pelo menos, em duas épocas.

Por outro lado, as maiores doses testadas de esterco (5,6 e 11,2 t ha⁻¹) foram acompanhadas por decréscimos no rendimento de grão (3.800 e 3.735 kg ha⁻¹, respectivamente). Esse decréscimo foi menor que o mencionado por Van Raij (1991), na curva de resposta teórica preconizada para as culturas de grãos; e que o relatado em trabalhos de pesquisa realizados por Castaman (2005), com trigo adubado com dejetos de suínos provenientes de esterqueiras, feitos na

UPF. Segundo Castaman (2005), em trigo adubado com doses elevadas de esterco de suíno, pode ocorrer acamamento das plantas, fato que não aconteceu no presente experimento, embora tenha sido aplicado até 320 kg ha⁻¹ de N total, mas com outra fonte de N (esterco de aves).

A dose de máxima eficiência técnica (DMET) do esterco foi obtida calculando-se a primeira derivada de Y (rendimento de grãos de trigo) em relação a X (dose de esterco). Essa dose corresponde ao ponto de máxima da curva de resposta do rendimento de grãos em função da aplicação de esterco, que é aquele que anula a derivada primeira. Considerando a equação de regressão quadrática: $y = 3.340 + 245,2 x - 19,15 x^2$, obtida com o ajuste dos resultados de rendimento de grãos observados para o trigo adubado com o esterco de aves, tem-se:

$$[1] \quad dY/dX = 245,2 - 38,3 x$$

$$[2] \quad 0 = 245,2 - 38,3 x$$

$$[3] \quad x = 6,4 \text{ t ha}^{-1}$$

Assim, o máximo rendimento de grãos estimado com essa dose é dado por:

$$Y = 3.340 + 245,2 (6,4) - 19,15 (6,4)^2$$

$$Y = 4.124 \text{ kg ha}^{-1} \text{ de trigo.}$$

Com a aplicação da DMET, estimada neste trabalho, isto é, 6,4 t ha⁻¹ de esterco de ave poedeira, o rendimento máximo de grãos seria 4.124 kg ha⁻¹, o que na prática não se justifica, pois essa quantidade de esterco acresceria muito o custo de produção, inviabilizando a adubação com este material. Além disso, os resultados

da tabela 9 indicam que com a aplicação de quantidades menores que $6,4 \text{ t ha}^{-1}$ de esterco é possível obter rendimentos equivalentes aos obtidos com essa DMET. Pode ter contribuído para essa incongruência, o fato do efeito de doses não ter sido significativo na análise da variância, quando essa análise foi efetuada excluindo-se o tratamento com uréia.

A dose de máxima eficiência econômica (DMEE), calculada como sendo o ponto da curva da derivada primeira da função polinomial igual à razão entre o custo do dejetos (R\$ 75 t^{-1}) e o preço do trigo (R\$ $0,40 \text{ kg}^{-1}$), foi de $1,45 \text{ t ha}^{-1}$. O rendimento de grãos estimado com essa dose, por sua vez, correspondeu a 3.655 kg ha^{-1} .

4. 1. 1 Acúmulo de nitrogênio nas plantas de trigo

Os resultados de N total obtidos na parte aérea da cultura de trigo, amostrada em diferentes fases do ciclo dessa cultura, constam na Tabela 10. Houve diferenças no N absorvido pelas plantas, em função dos tratamentos testados. Em todos os estádios amostrados, houve incremento do teor e da quantidade de N na parte aérea da planta e do N transferido para aos grãos, nos tratamentos adubados em relação à testemunha.

No início do afilamento, o teor de N nas plantas de trigo não variou entre os tratamentos, situando-se em cerca de 5 % (Tabela 10). Os resultados dessa tabela também mostram que os teores

obtidos nas plantas adubadas foram semelhantes aos obtidos na testemunha. Possivelmente, o N nesse tratamento foi provido pelo solo, através da decomposição da matéria orgânica, principalmente, pelo N liberado dos resíduos culturais da soja. Embora a análise estatística não indique diferenças entre os tratamentos, a tendência de haver menor teor de N nas plantas adubadas com esterco de ave poedeira, em relação às adubadas com uréia, está de acordo com os maiores teores de N mineral, obtidos no solo adubado com esse esterco, em relação ao tratamento com uréia, em todas as camadas amostradas (Figuras 1 a 3). Os resultados de N mineral apresentados nessas figuras também mostram que o acréscimo dessa forma de N no solo tendeu a estabilizar com o incremento das doses de esterco.

Tabela 10. Efeito de doses de esterco de ave poedeira no teor e quantidade extraída de nitrogênio da parte aérea de plantas e nos grãos de trigo, em diferentes estádios de desenvolvimento

Tratamento	Nitrogênio ¹	Afilhamento	Florescimento		Grão	
	kg ha ⁻¹	%	%	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹
Testemunha	0	4,39 ^{ns}	2,61c	61 c	1,55 c	49 c
Uréia	80	5,45	3,36 ab	138 a	1,97 a	76 a
2,8 t ha ⁻¹	80	4,57	3,26 ab	126 ab	1,78 ab	75 ab
4,2 t ha ⁻¹	120	4,77	2,98 bc	101 c	1,73 ab	69 ab
5,6 t ha ⁻¹	160	4,82	3,33 ab	118 ab	1,74 b	61 bc
11,2 t ha ⁻¹	320	5,22	3,59 a	140 a	1,86 ab	64 ab
C.V. (%)		42,1	8,5	20,8	14,7	13,7

¹Nitrogênio total. ^{ns}: não significativo (P>0,05). C.V: Coeficiente de variação.

Assim, a proporção do acréscimo no teor de N mineral no solo foi menor do que o acréscimo das doses testadas de esterco, ou do N adicionada com essa fonte, uma vez que o incremento das quantidades testadas foi constante. Além disso, os resultados das figuras 1 a 3 mostram que, no período compreendido entre o sétimo dia após a aplicação do esterco e o perfilhamento do trigo, houve acúmulo de N mineral no solo, em função das doses aplicadas. Isso indica que as perdas desse nutriente (volatilização, desnitrificação e lixiviação) não foram muito expressivas, nesta etapa inicial do desenvolvimento da cultura.

No florescimento, o teor de N nas plantas de trigo foi maior com a aplicação de $11,2 \text{ t ha}^{-1}$ de esterco de poedeira (Tabela 10). No tratamento com uréia e os de menores doses de esterco não houve diferenças. Além disso, o menor teor de N nas plantas adubadas com uréia, em relação aos tratamentos com a maior dose de esterco, possivelmente, deve-se a maior translocação desse nutriente para os grãos, no tratamento com uréia, como mostram os resultados obtidos nas análises dessa parte da planta (Tabela 10).

Os resultados da tabela 10 mostram que o teor de N no grão foi maior no tratamento com uréia (1,97 %), em relação aos com esterco (1,73 a 1,86 %). Isso também explica o menor teor de N nas plantas adubadas com a aplicação de $2,8$ e $4,2 \text{ t ha}^{-1}$ de esterco, pois o teor de N no grão desses tratamentos (1,78 e 1,73 %, respectivamente) foi equivalente ao observado com a aplicação das maiores doses de

esterco, incluindo a dose de 11,2 t ha⁻¹. Essa maior translocação de N para o grão, principalmente, nas plantas adubadas com uréia e com a menor dose de esterco, deve-se, possivelmente, ao maior suprimento de N no afilhamento do trigo, o que proporciona maior número de grãos por espigas e, conseqüentemente, maior rendimento de grãos, verificados nestes tratamentos. Os resultados de N na planta e no solo indicam que houve melhor sincronismo entre a disponibilidade desse nutriente no solo e a demanda na planta, no tratamento com uréia. Isso também pode ser verificado pelo maior número de afilhos por planta nesse tratamento, observado visualmente.

A recuperação aparente de N nas plantas de trigo variou de 4,7 % nos grãos das plantas adubadas com a maior dose de esterco, a 90 %, nas plantas amostradas no florescimento e adubadas com a uréia, e decresceu com o aumento das doses de esterco (Tabela 11). Na menor dose aplicada de esterco (2,8 t ha⁻¹), a recuperação de N na planta (81 %) foi menor que a observada no tratamento com uréia (90 %). Possivelmente, isso se deve ao alto teor de N disponível aplicado com o esterco, ou a sua alta eficiência, o que leva a maior produção de biomassa e diluição dos nutrientes na matéria seca, ou seja, as plantas absorveram relativamente menores quantidades de N, mesmo que a produtividade tenha sido alta. Isso tem sido relatado em outros trabalhos, como o realizado por Ress et al. (1993), onde esse autor verificou que o aumento das doses de dejetos de suíno proporcionou maior absorção de N proveniente desse adubo, mas não proporcionou

aumento da taxa de recuperação desse nutriente pela planta. Além do aporte de N, o maior crescimento das plantas e a maior produção de biomassa, obtidos com o uso do esterco, também devem ter sido

Tabela 11. Índice de recuperação aparente de nitrogênio em plantas e grãos de trigo, adubado com uréia e diferentes doses de esterco de ave poedeira. Safra 2006

Tratamento	Nitrogênio ¹ kg ha ⁻¹	Recuperação de nitrogênio ² aplicado	
		Parte aérea%	Grão
Uréia	80	90 a	33,8 a
2,8 t ha ⁻¹	80	81 a	32,5 a
4,2 t ha ⁻¹	120	33,6 bc	16,7 b
5,6 t ha ⁻¹	160	35,7 b	7,5 c
11,2 t ha ⁻¹	320	27 c	4,7 c
C.V. (%)		21,4	21,8

¹Nitrogênio total. C.V: Coeficiente de variação. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade. ²:Índice de recuperação = % =[(N trata.- N testemunha)/N aplicado] x 100.

favorecidos pela melhoria na disponibilidade de outros nutrientes essenciais ou das características físicas do solo (estrutura do solo, porosidade, etc), além da atividade biológica favorável ao desenvolvimento da planta.

O N recuperado no solo, pelo método analítico na forma de N total e de N mineral, sete dias após a adubação com o esterco constam na Tabela 12. Houve uma alta recuperação (81 a 88 %) do N aplicado, na camada amostrada (0 a 5 cm), sendo essa maior nas maiores doses de esterco (5,6 e 11,2 t ha⁻¹). Essa alta recuperação de N total também foi constatada nas análises do N mineral, exceto na dose de 2,8 t ha⁻¹, onde o índice de recuperação foi de 43 %, enquanto que nas demais doses variaram entre 67 a 75 % (Tabela 12). Esses últimos índices indicam que o esterco disponibilizou N no solo, uma semana após a aplicação. Isso pode ter resultado da mineralização do N orgânico, pois o teor de N mineral nesse material é de 0,6 % (Tabela 5), ou seja, não explica os índices de recuperação dessa forma de N, cujos valores foram mais elevados que 0,6 % (Tabela 12).

No estágio de afilhamento, a recuperação do N total no solo foi maior nos tratamentos com esterco, nas duas camadas amostradas de solo (Tabela 13). De certa forma, esses resultados coincidem com os teores de N na planta, verificados nesse estágio, onde se observou uma tendência de decrescer o teor de N nas plantas dos tratamentos com o esterco (Tabela 10), indicando que menor disponibilidade no solo do N adicionado com essa fonte.

Os resultados apresentados na tabela 13 também mostram que houve menor recuperação do N total no solo da camada de 0 a 5 cm, adubado com esterco (25 a 37 %), em relação ao obtido na amostragem efetuada sete dias após a aplicação desse adubo (Tabela 12). Como a recuperação do N total foi maior na camada de 5 a 10 cm (55 a 74 %), isso indica que parte da perda dessa forma de N ocorreu devido à lixiviação desse nutriente para essa camada, além da absorção desse nutriente pelas plantas (Tabela 10).

Os índices de recuperação de N mineral, por sua vez, no solo da camada de 0 a 5 cm, mostram que esses não variaram entre as doses de esterco, exceto na dose de 11,2 t ha⁻¹, e também não variaram entre as menores doses e o tratamento com uréia (Tabela 13). Na camada de 5 a 10 cm isso ocorreu em todos os tratamentos, sendo a recuperação de N muito maior (73 a 79 %), que o observado na primeira camada de solo (44 a 63 %). Esses resultados indicam que a mineralização do N foi expressiva na primeira amostragem de solo (sete dias após a aplicação; Tabela 12), pois no estágio de afilhamento os índices de recuperação do N mineral, na camada de 5 a 10 cm, foram semelhantes ao observado na primeira época de amostragem. Assim, a menor recuperação do N aplicado, na camada de 0 a 5 cm, deve-se a lixiviação do N mineral para a segunda camada amostrada, além da absorção pela planta.

Na tabela 14, são apresentados os índices de recuperação de N, obtidos no estágio de florescimento. Como ocorreu no estágio

anterior (afilhamento), os resultados dessa tabela mostram que a recuperação do N total no solo foi maior nos tratamentos com esterco, nas duas camadas amostradas de solo. A menor recuperação de N no solo adubado com uréia se deve, possivelmente, a maior absorção desse nutriente pela planta (Tabela 10), como mencionado em relação aos resultados obtidos no aphilamento (Tabela 12). A absorção do N do solo, no estágio do florescimento, teve influência sobre a recuperação desse nutriente, pois, nesse estágio, os índices de recuperação de N total e de N mineral foram semelhantes aos obtidos no aphilamento, sendo o mesmo observado em relação às diferenças dessas formas de N entre as camadas amostradas (Tabela 14). Isso indica que lixiviação do N da camada superficial para a camada inferior (5 a 10 cm) se manteve nos níveis obtidos na amostragem efetuada no aphilamento (Tabela 13).

Tabela 12. Índice de recuperação aparente de nitrogênio (N) obtido em solo cultivado com trigo, sete dias após a adubação com diferentes doses de esterco de ave poedeira. Camada de 0 a 5 cm. Safra 2006

Esterco	N¹	Recuperação de N total²	Recuperação de N mineral²
	kg ha⁻¹	Aplicado	aplicado
	 %.....	
2,8 t ha ⁻¹	80	81 b	43 c
4,2 t ha ⁻¹	120	83 b	67 ab
5,6 t ha ⁻¹	160	87 a	73 a
11,2 t ha ⁻¹	320	88 a	75 a
C.V. (%)		5,2	3,4

¹:Nitrogênio total. ^{ns}: não significativo (P>0,05). Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade. C.V: Coeficiente de variação. ²:Índice de recuperação= % =[(N trata.- N testemunha)/N aplicado] x 100.

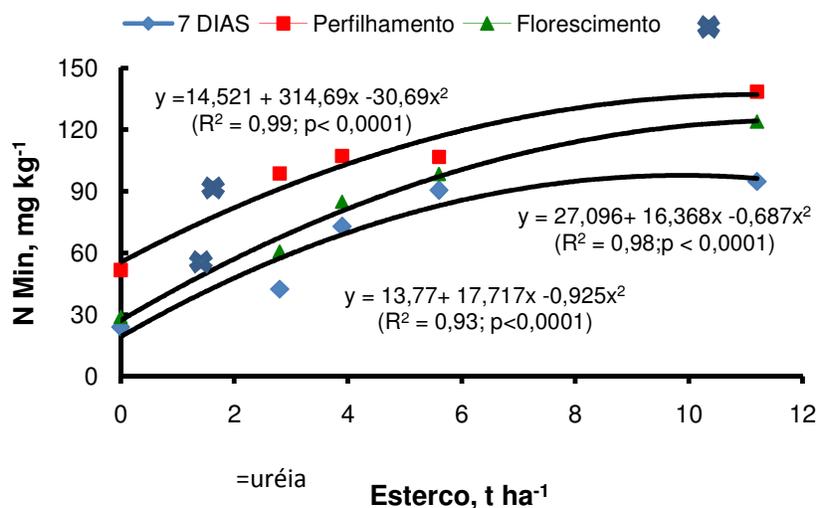


Figura 1. Teor de nitrogênio mineral (NM) no solo, na camada de 0 a 5 cm, em diferentes épocas da cultura do trigo, adubada com esterco de ave poedeira.

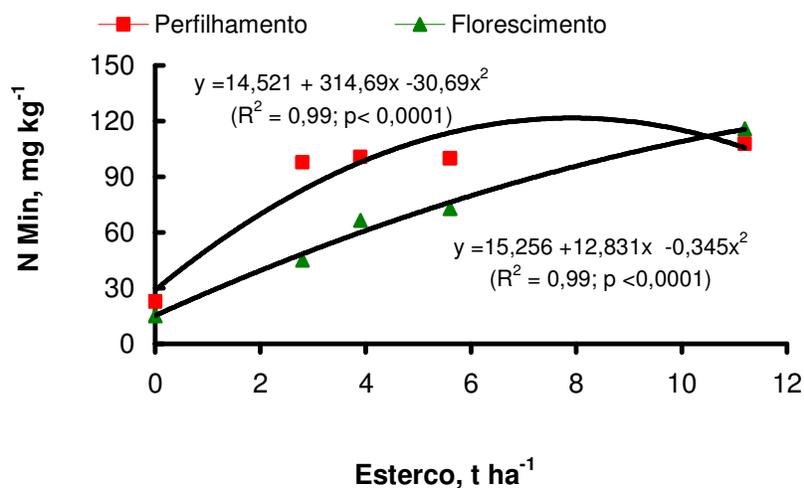


Figura 2. Teor de nitrogênio mineral (NM) no solo, na camada de 5 a 10 cm, em diferentes épocas da cultura do trigo, adubada com esterco de ave poedeira.

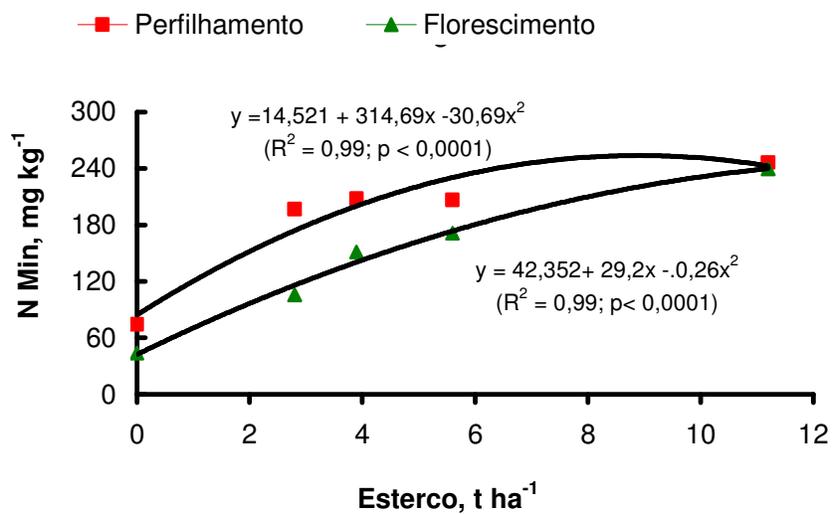


Figura 3. Teor de nitrogênio mineral (NM) no solo, na camada de 0 a 10 cm, em diferentes épocas da cultura do trigo, adubada com esterco de ave poedeira.

Tabela 13. Índice de recuperação aparente de nitrogênio (N), obtido em solo cultivado com trigo, no início do afilhamento, em função da adubação com diferentes doses de esterco de ave poedeira. Safra 2006

Tratamento	N ¹ kg ha ⁻¹	Recuperação de N total aplicado ²		Recuperação de N mineral aplicado ²	
		0 a 5 cm	5 a 10 cm	0 a 5 cm	5 a 10 cm
Uréia	80	22 b	17 c	44 b	73 ^{ns}
2,8 t ha ⁻¹	80	25 ab	55 ab	48 ab	77
4,2 t ha ⁻¹	120	33 a	65 a	52 ab	77
5,6 t ha ⁻¹	160	35 a	68 a	52 ab	77
11,2 t ha ⁻¹	320	37 a	74 a	63 a	79
C.V. (%)		8,2	10,3	11,6	5,3

¹Nitrogênio total. ^{ns}: não significativo (P>0,05). Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade. C.V.: Coeficiente de variação. ²:Índice de recuperação= % =[(N trata.- N testemunha)/N aplicado] x 100.

Tabela 14. Índice de recuperação aparente de nitrogênio (N), obtido em solo cultivado com trigo, no florescimento, em função da adubação com diferentes doses de esterco de ave poedeira. Safra 2006

Tratamento	N ¹	Recuperação de N total aplicado ²		Recuperação de N mineral aplicado ²	
		0 a 5 cm	5 a 10 cm	0 a 5 cm	5 a 10 cm
	kg ha⁻¹%			
Uréia	80	22 b	53 b	50 c	38 c
2,8 t ha ⁻¹	80	29 ab	72 ab	53 c	66 b
4,2 t ha ⁻¹	120	35 a	74 a	63 b	77 ab
5,6 t ha ⁻¹	160	41 a	74 a	71 ab	79 a
11,2 t ha ⁻¹	320	42 a	79 a	77 a	87 a
C.V. (%)		17,6	6,7	10,7	11,6

¹: Nitrogênio total. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade. CV.: Coeficiente de variação. ²:Índice de recuperação= % =[(N trata.- N testemunha)/N aplicado] x 100.

4.1.2 Conteúdo de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre nos grãos de trigo

Na tabela 15, é possível observar que não houve diferenças, quanto a concentração de P, K, Ca, Mg e S, no grão de trigo, em função das quantidades de esterco aplicadas, ou da aplicação de uréia. Salienta-se que na testemunha houve a aplicação desses nutrientes, na semeadura da cultura, o que contribuiu para o acúmulo no grão. Os teores de P, K, Ca, Mg e S, nos grãos, estão de acordo com a faixa considerada adequada, pois quando expressos em kg ha^{-1} (para cada tratamento testado no experimento, de P: 10, K: 4, Ca: 0,37, Mg: 1 e S: $0,35 \text{ kg t}^{-1}$), os valores obtidos de rendimento de grãos (Tabela 9) estão de acordo com o relatado nos trabalhos de Sociedade...(2004) e Berardo (2004).

Assim como verificado com os teores, as quantidades de P, K, Ca, Mg e S extraídas não variaram com os tratamentos. Isso indica que o suprimento de nutrientes, nos tratamentos adubados com esterco e o do solo, na testemunha e no tratamento com uréia, foi suficiente para atender a demanda das plantas.

4.1.3 Conteúdo de micronutrientes no grão de trigo

Na tabela 16, constam os teores e as quantidades extraídas de Zn, Mn, Cu e Fe, pelo grão, os quais, em todas as análises diferiram entre os tratamentos testados. Essa diferença foi

proporcionada pelas quantidades utilizadas de esterco, ou devido a contínuas correções realizadas no solo, ao longo do histórico de uso da área experimental ou ainda a mineralização da MO do solo. O valor de pH do solo do experimento (5,2), deve ter contribuído para a disponibilização dos elementos fornecidos pela MO do solo. Os teores de todos os micronutrientes situaram-se dentro das faixas de suficiência, sugeridas pela pesquisa para a cultura do trigo: Zn: 30 g t⁻¹, Fe: 50 g t⁻¹, Cu: 5 g t⁻¹ e Mn: 30 g t⁻¹ (FERREIRA, 2001).

Tabela 15. Efeito de diferentes doses de esterco de ave poedeira no teor e quantidade extraída de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em grãos de trigo. Safra 2006

Tratamento	P		K		Ca		Mg		S	
	%	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%	kg ha^{-1}	%	kg ha^{-1}	%	kg ha^{-1}
Testemunha	0,39 ^{ns}	15 ^{ns}	0,35 ^{ns}	12,0 ^{ns}	0,04 ^{ns}	1,0 ^{ns}	0,12 ^{ns}	4,0 ^{ns}	0,4	1,0 ^{ns}
Uréia	0,42	16	0,37	15,0	0,04	2,0	0,10	4,0	0,4	1,5
2,8 t ha ⁻¹	0,43	17	0,36	14,5	0,04	2,0	0,10	4,0	0,4	2,0
4,2 t ha ⁻¹	0,47	18	0,36	14,0	0,03	1,0	0,11	4,5	0,4	1,5
5,6 t ha ⁻¹	0,49	17	0,38	13,5	0,04	1,5	0,12	4,5	0,4	1,5
11,2 t ha ⁻¹	0,54	19	0,45	16,0	0,04	1,5	0,13	5,0	0,4	1,0
C.V. (%) ¹	20,6	19,7	20,0	20,8	21,2	21,4	28,9	29,7	22,5	23,5

^{ns}: não significativo (P>0,05) ¹C V: Coeficiente de variação.

Tabela 16. Efeito de diferentes doses de esterco de ave poedeira no teor e quantidades extraídas de zinco (Zn), manganês (Mn), cobre (Cu) e ferro (Fe) em grãos de trigo. Safra 2006

Tratamento	Zn		Mn		Cu		Fe	
	mg kg^{-1}	g ha^{-1}	mg kg^{-1}	g ha^{-1}	mg kg^{-1}	g ha^{-1}	mg kg ⁻¹	g ha ⁻¹
Testemunha	28,71 ^{ns}	84 b	28,75 ab	84 c	0,84 ^{ns}	2,5 ab	48,86 a	205 ba
Uréia	27,16	106 a	34,69 a	135 a	0,62	2,5 ab	35,77 abc	140 bac
2,8 t ha ⁻¹	24,51	99 ab	29,88 ab	121 ba	0,46	2 ab	36,21 ab	144 a
4,2 t ha ⁻¹	25,84	98 ab	26,58 b	101 bc	0,79	3 ab	40,16 c	76 c
5,6 t ha ⁻¹	25,59	90 ab	27,30 b	96 bc	1,21	4,5 a	42,11 bc	78 bc
11,2 t ha ⁻¹	24,09	84 b	27,10 b	94 c	1,46	2,0 b	41,95 abc	144 bac
C.V ¹ . (%)	8,8	9,4	9,2	10,5	22,8 ²	21,2 ²	19,2 ²	20,0 ²

^{ns}: não significativo (P>0,05). Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade. ¹CV.: Coeficiente de variação. ²C.V. obtido com dados transformados com raiz quadrada.

4.2 Efeito residual do esterco de aves sobre o rendimento de grãos de soja

O efeito residual do esterco de ave poedeira foi testado na cultura seguinte ao trigo, ou seja, na soja. Os resultados obtidos constam na tabela 9 e mostram que não houve diferenças entre as médias de rendimento de grãos dos tratamentos testados. O rendimento de grãos de soja variou entre 3.835 a 4.319, sendo que na testemunha foi de 4.219 kg ha⁻¹ (Tabela 9). É possível que essas médias tenham sido influenciadas pelas condições de clima (precipitação pluvial e temperatura), as quais foram favoráveis à expressão do potencial de rendimento de grãos da soja. Além disso, o manejo dessa cultura, durante a execução do experimento, possibilitou boas condições fitossanitárias, impedindo o desenvolvimento de doenças típicas da soja. Resultados semelhantes têm sido obtidos com soja adubada com baixa quantidade de fertilizante, após o cultivo de trigo, em ano com boas condições climáticas (SANTOS et al., 1994).

Além dessas condições, os atributos químicos e físicos (foi realizada a escarificação) do solo da área experimental foram corrigidos e mantidos em níveis adequados, ao longo dos cultivos realizados nos últimos anos. Esse solo foi escarificado, antes do cultivo da soja, que precedeu a instalação do experimento e o primeiro cultivo com esterco.

O efeito residual desse adubo não contribuiu para o incremento do rendimento da cultura da soja, quando cultivada sem nova aplicação desse esterco. Como não houve diferença nos rendimentos de grãos entre os tratamentos, o teor de N total dos grãos de soja, foi determinado nos tratamentos sem adubação, com uréia e a aplicação de 11,2 t ha⁻¹ de esterco (aplicado no trigo), sendo de 6,14; 6,55 e 6,67 % de N, respectivamente. Assim o teor de N não variou entre estes tratamentos, indicando que, além de não ter influenciado o rendimento de grãos da soja, a aplicação de altas doses de esterco de ave poedeira na cultura de trigo também não influenciou o teor de N dessa cultura.

4.3 Efeito imediato do esterco de aves sobre o rendimento de milho

Conforme pode ser observado na tabela 17, o rendimento de grãos de milho foi influenciado pelas doses de esterco. Como ocorreram com a cultura do trigo (item 4.1), as condições do clima também favoreceram o crescimento da cultura de milho.

Ao contrário do verificado com o trigo, houve efeito das doses de esterco ($p \leq 0,05$) sobre o rendimento de grãos do milho. Foi possível ajustar a equação de regressão $y = 6.403 + 271,3x - 6,03x^2$ ($R^2 = 0,99$; $p < 0,0001$), para descrever esse efeito (Figura 4). O coeficiente de determinação obtido (R^2) indica que o efeito das doses do esterco de aves explica 99 % do rendimento de milho. Essa

tendência é típica dessa cultura, quando adubada com fertilizantes contendo altas quantidades de N (SÁ, 1996).

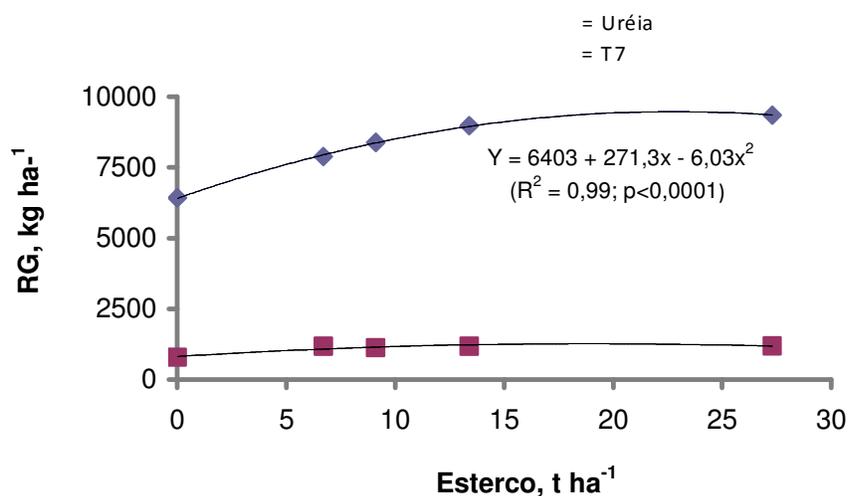


Figura 4. Rendimento de grãos (RG) de milho e de feijão, em função da aplicação de esterco de ave poedeira. Safras 2006/2007, respectivamente.

Os resultados da tabela 17 mostram que os rendimentos de grão obtidos com os tratamentos testados se distribuíram em três grupos, de acordo com a comparação das médias efetuada com o teste de Tukey. No primeiro grupo, formado pela testemunha (sem adubação nitrogenada), o rendimento de grão foi 6.419 kg ha⁻¹, sendo esse o resultado mais baixo entre os tratamentos. Esse rendimento, no entanto, pode ser considerado satisfatório, pois foi obtido no solo sem adição de N. Provavelmente, isso se deve as quantidades de N no solo

da área experimental deixadas pela soja antecessora, e que foram disponibilizadas para o milho, conforme mencionado no (item 4.1.), além das condições climáticas favoráveis, como a boa distribuição da precipitação pluvial. No segundo grupo, formado pelo tratamento com a menor quantidade de esterco ($6,7 \text{ t ha}^{-1}$), o rendimento de grão foi de 7.888 kg ha^{-1} . O terceiro grupo de tratamentos, por sua vez, foi o que proporcionou os maiores rendimentos, sendo constituído pela adubação com uréia e pelas doses maiores que $6,7 \text{ t ha}^{-1}$ de esterco. Os rendimentos desse grupo situaram-se em cerca de 9.000 kg ha^{-1} (Tabela 17), sendo essa a expectativa, quando foi estabelecida a quantidade de N a ser aplicada no milho, utilizando-se as sugestões de adubação atuais, para os estados do RS e de SC (COMISSÃO..., 2004).

Os resultados obtidos indicam que o rendimento de grão proporcionado pelo tratamento com uréia ($150 \text{ kg de N ha}^{-1}$) foi equivalente ao obtido com a aplicação de $8,9 \text{ t ha}^{-1}$ de esterco de poedeira (Tabela 17). Como foram aplicados $284 \text{ kg de N ha}^{-1}$, com essa quantidade de esterco, isso indica que a eficiência do esterco nesse tratamento, em relação à uréia foi cerca de 75 %. Essa eficiência foi menor do que a verificada com a aplicação da menor dose desse esterco testada na cultura do trigo (item 4.1). Essa diferença pode estar relacionada com a época desses cultivos (maior temperatura e maior precipitação pluvial no cultivo de milho), implicando em maior mineralização e perdas de N; ou com o lote de esterco utilizado. Além

disso, a cultura de milho tem um índice de crescimento quase o dobro que o da cultura de trigo, o que faz com que as necessidades de N sejam superiores, para atingir níveis de matéria seca compatíveis com o do rendimento obtido.

Considerando a eficiência relativa desse esterco como sendo de 75 %, em relação à eficiência da uréia, a aplicação de 6,7 t ha⁻¹ desse adubo na cultura do milho corresponderia ao fornecimento de 112 kg ha⁻¹ de N disponível, pois essa quantidade equivale a 75 % dos 150 kg de N total ha⁻¹ aplicados nesse tratamento. Essa quantidade de N disponível está de acordo com o rendimento de grãos obtido com essa dose, o qual foi menor em relação ao observado com a aplicação da uréia.

A magnitude de resposta da cultura de milho à aplicação de N, na forma mineral, nas condições brasileiras, tem sido variável nos trabalhos de pesquisa. A maioria das pesquisas indica respostas a doses de 30 a 90 kg ha⁻¹ de N. Isso, em parte, é devido aos níveis de produtividade relativamente baixos desses trabalhos de pesquisa. Em trabalhos com produtividades maiores, tem sido obtido resposta a aplicação de até 200 kg ha⁻¹ de N (MELLO et al., 1988; COELHO & FRANÇA, 1995). Konzen (2003), na região do cerrado brasileiro, verificou aumento de produtividades com aplicações de doses crescentes de dejetos de suínos, em solos com milho. Esses trabalhos indicam não haver inconvenientes no uso de altas doses de esterco,

devendo-se, todavia, analisar os aspectos econômicos e ambientais relacionados, para que altas doses possam ser utilizadas nesta cultura.

O tratamento onde se testou $13,4 \text{ t ha}^{-1}$ de esterco, aplicado 15 dias antes da semeadura do milho, não proporcionou acréscimo no rendimento de grãos dessa cultura, quando comparado ao tratamento onde se testou a aplicação dessa dose, mas no dia da semeadura do milho.

Os resultados apresentados na tabela 17 mostram que os componentes do rendimento do milho variaram com os tratamentos, exceto o número de espigas por área. Essa variável está mais relacionada ao manejo da cultura e por isso não variou com os tratamentos, o que também ocorreu na pesquisa relatada por Andrade et al. (2000). A magnitude de variação obtida com o efeito dos tratamentos sobre o peso de mil grãos (PMG), por sua vez, foi pequena. No tratamento com uréia, constatou-se que o PMG foi 6 % maior que o da testemunha, enquanto que nos tratamentos com esterco, em média, o PMG foi 3,1 % maior (Tabela 17).

Tabela 17. Efeito de diferentes doses de esterco de ave poedeira no rendimento de grãos (RG) e componentes de rendimento de milho (efeito imediato) e RG de feijão (efeito residual). Safras 2006 e 2006/07, respectivamente

Tratamento	Nitrogênio kg ha ⁻¹	RG milho¹	NEPP² espiga parcela ⁻¹	PMG³ g	NGE⁴ grãos espiga ⁻¹	RG feijão¹ kg ha ⁻¹
Testemunha	0	6.419 b	46 ^{ns}	282 b	469 d	588 ^{ns}
Uréia	150	8.564 a	47	299 a	653 ab	829
6,7 t ha ⁻¹	214	7.887 ab	47	289 ab	563 c	878
8,9 t ha ⁻¹	284	8.380 a	47	295 ab	659 ab	839
13,4 t ha ⁻¹	428	8.971 a	50	291 ab	624 bc	1.179
26,8 t ha ⁻¹	856	9.344 a	50	294 ab	672 ab	1.185
13,4 t ha ^{-1 5}	428	8.374 a	45	285 ab	700 a	1.087
C.V. (%)		9,4	10	2,3	4,8	54

¹Umidade = 13%. ²Número de espiga por parcela. ³Peso de mil grãos. ⁴Número de grãos por espiga. ^{ns}: não significativo (P>0,05).

⁵Aplicado 15 dias antes da semeadura. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade C.V: Coeficiente de variação.

O número de grãos por espiga (NGE) foi o componente do rendimento que mais se relacionou com os menores rendimentos de grãos, observados nas plantas adubadas com a menor dose de esterco (6,7 t ha⁻¹) e na testemunha. Com a aplicação dessa quantidade de esterco, o NGE foi de 563, sendo 659, com a aplicação de 8,9 t ha⁻¹. Quando não há limitação de outros fatores, o acréscimo da disponibilidade de N aumenta o potencial da planta em aproveitar os fotoassimilados, para a formação de um maior NGE. Isso ocorreu com as maiores doses de esterco, pois o acréscimo de N dessas doses possibilitou que o N fosse mobilizado para formar grãos, como já relatado por Casagrande (2000) e Melgar et al. (1991).

Segundo a Conab (2007), na safra 2006/2007, a adubação da cultura de milho representou 26,5 % do custo total de produção, sendo esse de R\$ 1.300 ha⁻¹, aproximadamente. Assim o custo de aplicação de adubos pode ser estimado em R\$ 300 ha⁻¹, para uma lavoura de nível tecnológico que possibilite rendimentos médios de 6.000 kg ha⁻¹. Neste experimento, o rendimento de grão foi de 6.419 kg ha⁻¹, nas plantas cultivadas nas parcelas testemunha (sem N, mas com P, K, Ca, Mg e S). Esse rendimento indica que não haveria, em termos de R\$ investidos por kg de grãos obtido, necessidade de aplicar nitrogênio. Provavelmente, isso se deve às condições do solo da área experimental, incluindo o teor de 3,1 % de matéria orgânica (Tabela 3, item 3), sendo esse solo, ainda, enriquecido com outros nutrientes. Além disso, a cultura antecessora (soja) deixou uma expressiva massa

de resíduo na área do experimento e as condições climáticas, como já mencionadas, favoreceram a obtenção de altos rendimentos de grão, mesmo no solo sem esterco ou uréia.

Considerando o custo de R\$ 75,00 t⁻¹ de esterco aplicado, para a adubação com 6,7 t ha⁻¹ seriam gastos R\$ 502,50 ha⁻¹. Com essa dose de esterco, a quantidade de N aplicada correspondeu a do tratamento com uréia (150 kg de N ha⁻¹). Como o custo desse último adubo correspondeu a R\$ 300,00, isso tornaria antieconômica a aplicação de 6,7 t ha⁻¹ esterco, visando aplicar só N. Além disso, o rendimento obtido com essa quantidade de esterco foi inferior ao obtido com a uréia (Tabela 17).

A aplicação de 8,9 t ha⁻¹ de esterco, por outro lado, proporcionou rendimento de grão semelhante ao obtidos com a aplicação da uréia (Tabela 17). Contudo, o custo da adubação correspondente a essa quantidade de esterco (R\$ 682,00 ha⁻¹) é consideravelmente maior que o da uréia. Assim, os resultados obtidos com as menores doses aplicadas de esterco (6,7 e 8,9 t ha⁻¹) indicam que, em termos econômicos, o custo do esterco deveria ser mais baixo, para que a aplicação desse adubo possa substituir a uréia.

Os tratamentos onde foram testadas as maiores doses de esterco (13,4 e 26,8 t ha⁻¹) aumentaram o rendimento de grão, em 40 e 46 %, em relação à testemunha, respectivamente. Em relação à uréia, o aumento correspondeu a 5 e 9 %, respectivamente. As causas prováveis desses efeitos foram as boas condições climáticas, durante o

ciclo da cultura, a ausência de doenças e o solo escarificado e corrigido e em seus atributos químicos, além da importante oferta de N, nos primeiros 30 dias, após a emergência. Nessa época, a planta de milho demanda baixas quantidades de N e, assim, grande parte do N mineralizado pode ter sido perdido por lixiviação. Dessa forma, as altas doses de esterco não melhoraram a eficiência do N aplicado na forma de esterco, em relação ao rendimento de grão obtido com a uréia, sendo possível que a capacidade de fornecimento desse nutriente pelo esterco, tenha superado a capacidade de absorção da planta, que já foi alta com as duas doses mais baixas, onde o rendimento de grãos foi elevado. A aplicação de esterco em doses mais altas que $8,9 \text{ t ha}^{-1}$ tornaria, portanto, inviável economicamente o uso desse adubo como fonte de N alternativa à uréia. Por outro lado, o benefício da aplicação do esterco ainda deve ser considerado no conjunto de melhorias das propriedades do solo, como a adição de P e K e de outros nutrientes, sendo esses aspectos não estudados neste trabalho.

Ao contrário do verificado na cultura de trigo, a aplicação de doses elevadas de esterco ($> 13,4 \text{ t ha}^{-1}$) não ocasionou decréscimos no rendimento de grão de milho (Tabela 17). Como mostram os resultados dessa tabela e os da figura 4, o rendimento não variou com a aplicação de $26,8 \text{ t ha}^{-1}$, em relação ao obtido no tratamento com uréia. Esses resultados também mostram que o N fornecido em forma de uréia, nos estádios de 4 a 6 e de 10 a 12 folhas, garantiu a eficiência

dessa aplicação e atingiu os valores de rendimento esperados (COMISSÃO..., 2004).

Assim como no experimento com trigo, a dose de máxima eficiência técnica e de máxima eficiência econômica foi calculada com os resultados obtidos no experimento com milho, usando a metodologia descrita em Alvarez (1994). Para essa estimativa foi considerada a equação de regressão quadrática: $y = 6.403 + 271,3x - 6,03x^2$, obtida com o ajuste dos resultados de rendimento de grãos em função das doses aplicadas de esterco de aves. A estimativa da DMET foi obtida da seguinte forma:

$$[1] \quad dY/dX = 271,3 - (6,03 * 2) * X$$

$$[2] \quad 271,3 - 12,054 X = 0$$

$$[3] \quad X = 22,5 \text{ t ha}^{-1}$$

O rendimento de grão, estimado com essa dose, correspondeu a 9.455 kg ha^{-1} .

Por outro lado, a DMEE, calculada como sendo o ponto da curva, cuja derivada primeira da função polinomial é igual a razão entre o custo do esterco (estimado em R\$ 75 t^{-1}) e o preço do milho (estimado em R\$ $0,25 \text{ kg}^{-1}$), correspondeu a $2,38 \text{ t ha}^{-1}$. O rendimento de grão estimado com essa dose correspondeu a 7.015 kg ha^{-1} .

Assim, a DMET obtida no experimento com milho foi de $22,5 \text{ t ha}^{-1}$, sendo muito elevada; enquanto que a DMEE foi de $2,4 \text{ t ha}^{-1}$.

4.3.1 Acúmulo de nitrogênio nas plantas de milho

No estágio de oito folhas expandidas, o teor de N nas plantas de milho variou com os tratamentos testados. O maior teor desse nutriente foi obtido com a aplicação de 26,8 t ha⁻¹ de esterco, sendo que não houve diferenças entre a testemunha e os demais tratamentos (Tabela 18). Os resultados dessa tabela também mostram que a antecipação da aplicação de 13,4 t ha⁻¹ de esterco não modificou o teor de N das plantas, no período inicial de desenvolvimento do milho. Isso pode estar relacionado com a baixa liberação de N do esterco, possivelmente, ocasionada pelas baixas temperaturas, que ocorreram no período que compreendeu a aplicação antecipada do esterco e a germinação do milho.

Tabela 18. Efeito de diferentes doses de esterco de ave poedeira no teor e quantidade extraída de nitrogênio da parte aérea e de grãos de milho, amostrado em diferentes estádios de desenvolvimento. Safra 2006/2007

Tratamento	Nitrogênio	8 Folhas	Pendoamento		Grão	
	kg ha ⁻¹	%	%	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹
Testemunha	0	4,33 ab	2,12 b	41,2 c	1,39 c	89,5 d
Uréia	150	4,48 ab	2,80 ab	64,2 abc	1,60 ab	136,0 bc
6,7 t ha ⁻¹	214	4,40 ab	2,76 ab	59,0 abc	1,48 bc	116,2 c
8,9 t ha ⁻¹	284	4,86 ab	3,13 a	62,3 bc	1,64 ab	137,2 bc
13,4 t ha ⁻¹	428	4,65 ab	2,43 ab	52,8 ab	1,66 ab	149,0 abc
26,8 t ha ⁻¹	856	5,28 a	3,47 a	68,0 a	1,70 a	162,2 a
13,4 t ha ⁻¹ ¹	428	4,59 ab	3,13 a	66,4 abc	1,60 ab	133,9 ab
C.V. (%) ²		13,9	17,9	59,1	12,2	12,1

¹ Aplicado 15 dias antes da semeadura. ² Coeficiente de variação, dados transformados com raiz quadrada. ^{ns}: não significativo (P>0,05).

No estágio do pendramento, houve aumento do teor de N das plantas adubadas com esterco em relação à testemunha. Outra diferença observada entre a avaliação efetuada nessa época e a efetuada no estágio de oito folhas expandidas, foi o maior teor de N obtido com a antecipação da aplicação de $13,4 \text{ t ha}^{-1}$ de esterco. Além disso, observaram-se menores teores de N no pendramento (Tabela 18). O teor e a quantidade extraída de N na planta avaliada nesse estágio e nos grãos foram menores na testemunha, em relação aos tratamentos testados. Esses resultados se devem ao menor aporte de N do solo, em relação ao proporcionado pelos tratamentos com esterco ou com uréia.

Como ocorreu nos estágios vegetativos avaliados, o teor de N nos grãos foi maior no tratamento com a maior dose de esterco. Nesse órgão da planta, o teor e a quantidade extraída de N foram semelhantes entre os tratamentos com uréia e os com a aplicação das quantidades intermediárias de esterco. Isso também foi observado com a aplicação antecipada de esterco, sendo que esse tratamento não proporcionou maior teor de N no grão (Tabela 18). Os resultados dessa tabela ainda mostram que o teor desse nutriente nos grãos, por sua vez, não foi elevado. Isso se deve, provavelmente, à diluição desse nutriente na matéria seca da parte aérea da planta ou à característica intrínseca do híbrido utilizado.

As quantidades extraídas de N pela planta de milho, em todos os tratamentos adubados, em geral, concordam com o relatado

em outros trabalhos de pesquisa (COELHO, 2001). No estágio de pendoamento, houve diferenças entre a testemunha e os tratamentos adubados com as maiores doses de esterco (13,4 e 26,8 t ha⁻¹), indicando que essas proporcionaram a absorção de maiores quantidades de N (Tabela 18). Já o acúmulo de N no grão, entretanto, foi maior no tratamento com a aplicação da maior dose de esterco, sendo esse tratamento seguido da aplicação de 8,9 e 13,4 t ha⁻¹ de esterco, além da uréia. Um terceiro grupo de tratamentos foi constituído pela aplicação da menor dose de esterco (6,7 t ha⁻¹), sendo que o teor de N nos grãos desse tratamento somente foi maior que o obtido na testemunha (Tabela 18). Os resultados dessa tabela também indicam que, em todos os tratamentos testados, as quantidades extraídas de N não aumentaram nas mesmas proporções, que as quantidades aplicadas em forma de esterco. Isso indica que ocorreram perdas do N aplicado, o que também é corroborado com a menor recuperação de N pelas plantas, em relação à uréia (Tabela 19).

Os resultados apresentados na tabela 19 mostram que o N recuperado nos grãos variou em função das doses de esterco, obtendo-se valores de 7,3 % (maior dose) a 16,7 % (8,9 t ha⁻¹), sendo de 31 % com a uréia. Isso indica que essa fonte teve a maior eficiência em fornecer N.

Entre as quantidades testadas de esterco, a dose de 8,9 t ha⁻¹ foi a que proporcionou maior índice de recuperação de N no grão, o que coincide com o alto rendimento observado nesse tratamento. O

índice de recuperação de N nos grãos desse tratamento foi um pouco menor ao obtido com a uréia (Tabela 19). Com a aplicação de 13,4 t ha⁻¹ de esterco, 15 dias antes da semeadura, e com a aplicação da maior dose de esterco, o índice de recuperação de N foi menor que o obtido nos demais tratamentos.

Tabela 19. Índice de recuperação aparente de nitrogênio por plantas de milho, adubadas com diferentes doses de esterco de ave poedeira. Safra 2006/2007

Tratamento	Nitrogênio ¹ kg ha ⁻¹	Recuperação de nitrogênio	
		Pendoamento %.....	Grãos
Uréia	150	22,3 a	31 a
6,7 t ha ⁻¹	214	12,8 ab	12,2 b
8,9 t ha ⁻¹	284	14,1 ab	16,7 b
13,4 t ha ⁻¹	428	9,7 b	13,8 b
26,8 t ha ⁻¹	856	12,4 ab	7,3 c
13,4 t ha ⁻¹ ²	428	5,6 c	10,3 b
C.V. (%)		44,3	23,3

¹Nitrogênio total. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade. C.V: Coeficiente de variação.

²Aplicado 15 dias antes da semeadura.

A fração de N mineral do esterco pode representar uma importante parcela da quantidade de N total aplicado com essa fonte, sendo que alguns autores informam que a contribuição do N mineral pode ser de até 50 % (COMISSÃO..., 2004).

A recuperação do N total no solo, na camada de 0 a 5 cm, no estágio de 8 folhas, não variou com as doses testadas de esterco ou entre essas e a aplicação da uréia (Tabela 20). Enquanto os índices de recuperação de N variaram entre 63 a 66 %, na camada de solo superficial, na camada de 5 a 10 cm, os valores desse índice foram menores, principalmente, no solo com uréia, onde a recuperação do N aplicado correspondeu a 3 %. Esse baixo índice de recuperação, possivelmente, se deve a concentração do N aplicado com uréia na camada superficial, indicando que esse nutriente não foi lixiviado.

No estágio de oito folhas, o N mineral recuperado no solo, na primeira camada amostrada, por sua vez, também não variou entre os tratamentos testados (Tabela 20). Os percentuais de N mineral recuperado, na camada de solo superficial, foram semelhantes aos obtidos na recuperação do N total, sendo 66 %, no solo com uréia; e 71 %, com a aplicação de 28,8 t ha⁻¹ (Tabela 20). Esse último percentual indica que houve uma alta disponibilização do N aplicado neste tratamento, nesta época de desenvolvimento da cultura do milho. Já, o teor de N mineral na camada mais profunda variou em função das doses de esterco, sendo o tratamento com uréia o de menor recuperação (61 %), em relação aos com esterco.

Na tabela 21, constam os percentuais de recuperação de N, no solo avaliado no estágio de pendramento. Os resultados dessa tabela mostram que os índices de recuperação de N total e mineral, obtidos no solo da camada de 0 a 5 cm, não variaram entre os tratamentos, sendo que os índices de recuperação do N mineral foram cerca de 50 % dos valores recuperados de N total. Isso indica que a metade do N aplicado estava disponível às plantas de milho, nessa época. Na camada de 5 a 10 cm, a recuperação de N total no solo variou com as quantidades aplicadas de esterco, sendo maior no solo com uréia (71 %) e no tratamento com aplicação antecipada de esterco (77 %). Na segunda camada de solo (5-10 cm), os índices de recuperação de N mineral também variaram em função das doses testadas, sendo maiores que os obtidos na camada superficial, o que se deve, possivelmente, à lixiviação desse nutriente no solo.

Na primeira época de amostragem de solo, no estágio de 8 folhas, constatou-se um teor elevado de N mineral, nas duas camadas amostradas (Figura 5). Provavelmente, isso ocorreu devido às condições de umidade e de temperatura do solo, que foram favoráveis para a mineralização do N orgânico, pois nessa época ocorreram temperaturas elevadas e precipitações pluviais frequentes.

Na segunda época de amostragem (pendramento), o teor de N mineral, obtido na camada de 5 a 10 cm, foi maior que o obtido na camada superficial (0 a 5 cm), exceto no tratamento com uréia (Figura 6). Isso indica que, nessa época, foram disponibilizadas

quantidades expressivas de N, sugerindo maior potencial de perda desse nutriente no solo, por lixiviação.

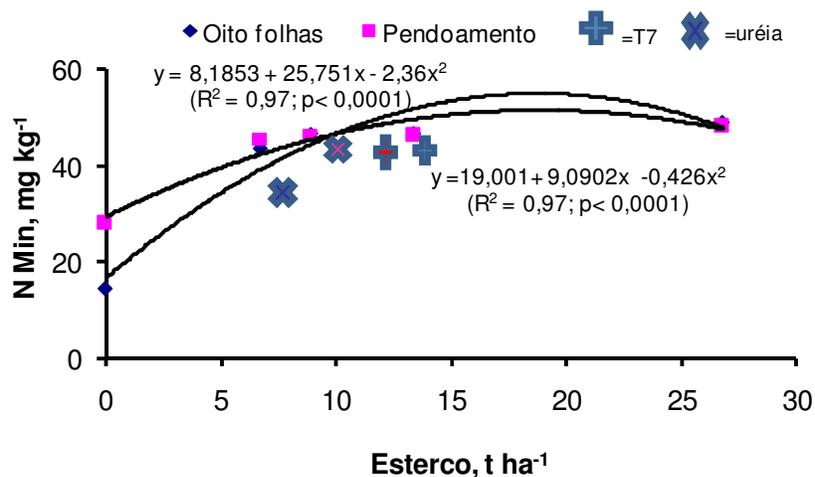


Figura 5. Teor de nitrogênio mineral (NM) no solo, na camada de 0 a 5 cm, em duas épocas da cultura do milho, adubada com esterco de ave poedeira.

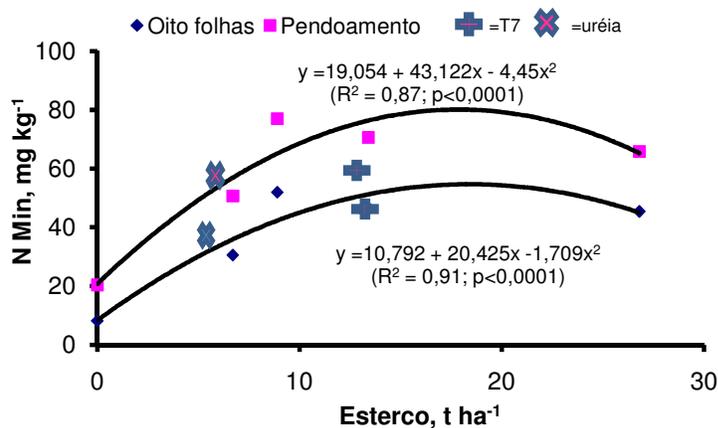


Figura 6. Teor de nitrogênio mineral (NM) no solo, na camada de 5 a 10 cm, em duas épocas da cultura do milho, adubada com esterco de ave poedeira.

Tabela 20. Índice de recuperação aparente de nitrogênio, obtido em solo cultivado com milho, no estágio de oito folhas, em função da adubação com diferentes doses de esterco de ave poedeira. Safra 2006/2007

Tratamento	N ¹ kg ha ⁻¹	Recuperação de N total		Recuperação de N mineral	
		0 a 5 cm	5 a 10 cm	0 a 5 cm	5 a 10 cm
	%			
Uréia	150	66 ^{ns}	3 c	66 ^{ns}	61 b
6,7 t ha ⁻¹	214	63	27 b	67	73 ab
8,9 t ha ⁻¹	284	64	28 b	69	79 a
13,4 t ha ⁻¹	428	65	33 b	69	80 a
26,8 t ha ⁻¹	856	66	55 a	71	78 a
13,4 t ha ⁻¹ ²	428	66	42 ab	70	78 a
C.V. (%)		3,5	25,8	21,3	12,7

¹Nitrogênio total. ^{ns}: não significativo (P>0,05). ²: Aplicado 15 antes da semeadura. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade. C.V.: Coeficiente de variação.

Tabela 21. Índice de recuperação aparente de nitrogênio, obtido em solo cultivado com milho, no estágio do pendoamento, em função da adubação com diferentes doses de esterco de ave poedeira. Safra 2006/07

Tratamento	N ¹ kg ha ⁻¹	Recuperação de N total		Recuperação de N mineral	
		0 a 5 cm	5 a 10 cm	0 a 5 cm	5 a 10 cm
	 %			
Uréia	150	86 ^{ns}	71 a	45 ^{ns}	77 a
6,7 t ha ⁻¹	214	81	43 bc	38	56 b
8,9 t ha ⁻¹	284	82	46 c	40	72 a
13,4 t ha ⁻¹	428	81	55 bc	39	73 a
26,8 t ha ⁻¹	856	83	68 ab	42	73 a
13,4 t ha ^{-1 2}	428	83	78 a	41	57 b
C.V. (%)		5,1	24,8	34,1	9,5

¹Nitrogênio total. ^{ns}: não significativo (P>0,05). ²: Aplicado 15 dias antes da semeadura. Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade. C.V: Coeficiente de variação.

4. 3. 2 Teores de nutrientes totais na folha índice

Os teores de nutrientes obtidos na análise da folha índice do milho (abaixo e do lado oposto a primeira espiga), indicam que as plantas apresentavam níveis de macro e micronutrientes, em geral, suficientes, embora os teores de enxofre foram menores que os considerados suficientes pela pesquisa (COMISSÃO..., 2004). Isso ocorreu em todos os tratamentos, mas não houve manifestação de sintoma de deficiência (Tabela 22).

Os teores de N na folha índice das plantas adubadas com o esterco, estão, em geral, de acordo com a faixa de suficiência desse nutriente, proposto por Comissão... (2004). Os resultados da tabela 22 mostram que houve uma tendência de haver maior teor de N nas plantas adubadas com as duas maiores doses de esterco (13,4 e 26,8 t ha⁻¹), embora as diferenças observadas não foram confirmadas pela estatística.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)