

ESTER DE MOURA RIOS

**PASTEJO E ADUBAÇÃO NITROGENADA NA QUALIDADE BIOLÓGICA E
ESTRUTURAL EM LATOSSOLO BRUNO SOB SISTEMA DE INTEGRAÇÃO
LAVOURA-PECUÁRIA**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Aníbal de Moraes

CURITIBA

2010

À memória de meu pai, Gerson e à minha mãe Marta,
aos meus filhos Isabel e Francisco,
aos meus irmãos Miguel e Evandro,
aos meus sobrinhos Mateus e Letícia,
com todo o meu amor e gratidão,
dedico.

“Na casa de meu Pai há muitas moradas...” (João 14:02)

AGRADECIMENTOS

Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Universidade Estadual do Centro Oeste (UNICENTRO)

Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Florestas (EMBRAPA)

Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR)

Departamento de Fitotecnia - UFPR

Departamento de Solos - UFPR

Departamento de Nutrição – UFPR

Programa de Pós-Graduação em Agronomia – UFPR

CAPES

Comitê de orientação, Professores Aníbal de Moraes, Jeferson Dieckow, Edilson Batista de Oliveira e Claudete Lang.

Professores Adelino Pelissari, Alda Lúcia Gomes Monteiro, Amadeu Bona Filho, Nerilde Favaretto, Paulo César de Faccio Carvalho, Renato Marques e Sebastião Brasil Campos lustosa.

Técnicos e funcionários do setor de Ciências Agrárias da UFPR, Maria Emília Kudla, Lucimara Antunes, Elda Lubasinski, Aldair Munhoz, Hair Ferrarini.

Amigos Adriana Timofiecsyk, Alvadi Balbinot Junior, Anneleen Dewulf, Francelize Chiarotti, Gustavo, Isabele Silva, Itacir Sandini, Josiane dos Santos, Luciano Cassas de Oliveira, Luis Giovani de Pellegrini, Lutécia Beatriz Canalli, Magda Fernanda, Marília, Marla Alessandra, Paula Sabrina Brime, Paulo Sérgio Raimondo, Rafael Brito Veiga, Renata Dantas Medrado, Veruschka Andreolla e Valilda.

Aos educadores que participaram da minha vida acadêmica.

PASTEJO E ADUBAÇÃO NITROGENADA NA QUALIDADE BIOLÓGICA E ESTRUTURAL DE UM LATOSSOLO BRUNO SOB SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

RESUMO

O sistema de integração lavoura-pecuária mais utilizado na região subtropical brasileira consiste na rotação envolvendo produção animal no inverno e produção de grãos no verão, em uma mesma área. Esse sistema pode atender as premissas básicas de sustentabilidade do sistema produtivo, se mantidos os estoques de carbono do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do pastejo e da adubação nitrogenada no azevém sobre a decomposição da fitomassa aérea residual da pastagem, a biomassa microbiana do solo, o acúmulo em curto prazo de carbono orgânico e nitrogênio nas frações da matéria orgânica do solo, e a distribuição de agregados, na camada superficial de um Latossolo Bruno sob sistema de integração lavoura-pecuária. Foi utilizado um experimento de campo instalado em junho de 2006 na região do Terceiro Planalto Paranaense no município de Guarapuava. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com parcelas subdivididas e três repetições. Os tratamentos foram doses de nitrogênio (0, 75, 150 e 225 kg N ha⁻¹) aplicadas na pastagem de azevém, com e sem pastejo por ovinos. Foi cultivado feijão no verão em sucessão à pastagem. Os resíduos da fitomassa aérea do azevém sob pastejo apresentaram maior dinâmica de mineralização, porém apenas parte do N liberado desses resíduos pode ser aproveitada pela cultura do feijão. O efeito do pastejo sobre a biomassa microbiana ocorreu no início do período experimental e foi restrito à camada de 0-5 cm do solo. A biomassa microbiana não foi afetada no curto prazo pelo nitrogênio aplicado na pastagem, porém o maior aporte de resíduos orgânicos no solo aumentou a biomassa microbiana durante o período experimental. O pastejo aumentou a estabilidade de agregados do solo devido à maior produção de raízes na gramínea pastejada, especialmente nas doses mais baixas de adubo nitrogenado aplicados na pastagem, indicando que o efeito agregador do pastejo independe da maior produção vegetal ou da maior carga animal na área. No curto prazo (quatro meses) e na camada superficial do solo não há evidência de alteração nos estoques de carbono orgânico e nitrogênio total, bem como nas frações particulada e associada aos minerais, em função do pastejo no sistema de integração lavoura-pecuária. No entanto, sem a aplicação de fertilizante nitrogenado no azevém, o pastejo pode reduzir esses estoques de carbono e nitrogênio devido ao baixo aporte de resíduos animais e vegetais.

Palavras-chave: estoque de carbono, biomassa microbiana, pastagem, qualidade do solo.

RYEGRASS RESIDUE DECOMPOSITION AND PARTICULATE ORGANIC MATTER IN A SOUTH BRAZILIAN OXISOL UNDER CROP-LIVESTOCK INTEGRATION SYSTEM

ABSTRACT

The crop-livestock integration system in the Brazilian subtropical region is based in the seasonal rotation of livestock in winter and in summer with grains yield on the same area. This system can meet the basic sustainability's premisses of a production system if keeping the soil carbon stocks. The objective was to evaluate the grazing and nitrogenized fertilization effects on the ryegrass decomposition, on the pasture aerial biomass, to the soil, the short-term organic carbon and nitrogen accumulation in fractions of soil organic matter and on aggregates distribution in the superficial surface layer of a system under Broadsoi Bruno crop-livestock integration. The analysis was based on a field experiment installed in June 2006 in the Third Parana Plateau in the Guarapuava city. The experimental design was based on randomized blocks with three repetitions. The treatments were nitrogen rates (0, 75, 150 and 225 Kg N ha⁻¹) applied to the ryegrass pasture, with and without grazing by sheep. The beans were grown in the summer before the pasture. The residual ryegrass biomass under grazing area presented higher mineralization dynamics, but only a part of the N could be reused for the beans cultivation. The grazing effect on the microbial biomass occurred in the beginning of the first attempt and was restricted to the 0-5 cm soil layer. The microbial biomass was not affected in a short term by the nitrogen applied to the pasture, but the better organic residual intake to the soil increased the microbial biomass during the experimental period. The grazing increased the soil stability aggregates due to increased roots production in grazed grass especially in lower nitrogen fertilizers doses applied to pasture, indicating that the grazing effect independent of the largest production plant and the largest animal cargo area. In the short term (four months) and the soil surface layer there is no evidence of change in organic carbon's stock and total nitrogen as well as in particulate fractions and associated minerals, depending on the crop-livestock integration system grazing. However, without the nitrogenized fertilization application on ryegrass, the grazing can reduce the carbon and nitrogen inventory due to the low animal intake and vegetable residual.

Key words: carbon's stock, microbial biomass, grazing, soil quality

LISTA DE TABELAS

ESTUDO I		
TABELA 1 -	Caracterização da granulometria do solo (g kg^{-1}).....	43
TABELA 2 -	Valores médios de pH em CaCl_2 , P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, CTC e V, nas profundidades de 0-5 e 5-10, em Guarapuava (PR).....	43
TABELA 3 -	Matéria seca (MS) em kg ha^{-1} e quantidade de nitrogênio (N) na MS em kg ha^{-1} , teores de carbono (C), nitrogênio (N) e relação C/N, fibra detergente ácida (FDA) e fibra detergente neutra (FDN), da fitomassa aérea residual de azevém, com e sem pastejo.	47
TABELA 4 -	Respiração basal (RB) e biomassa microbiana (BM) por grama de matéria seca de resíduo coletado aos 18 DAE do feijão. Valores médios em áreas com e sem pastejo.....	50
TABELA 5 -	Decomposição da fitomassa aérea residual: Parâmetros dos modelos de regressão e coeficientes de determinação. Meia vida dos resíduos em dias.....	52
TABELA 6 -	Parâmetros dos modelos de regressão e coeficientes de determinação para a percentagem de carbono remanescente da fitomassa aérea residual do azevém adubado com doses crescentes de nitrogênio, com e sem pastejo, durante o ciclo do feijão. Meia vida da percentagem do carbono remanescente em dias.....	54
TABELA 7 -	Parâmetros dos modelos de regressão e coeficientes de determinação para o decaimento da relação C/N da fitomassa aérea residual do azevém adubado com doses crescentes de nitrogênio, com e sem pastejo, durante o ciclo do feijão.	55
TABELA 8 -	Parâmetros dos modelos de regressão e coeficientes de determinação para o teor de FDN (lignocelulose+ hemicelulose) da fitomassa aérea residual do azevém adubado com doses crescentes de nitrogênio, com e sem pastejo, durante o ciclo do feijão.	56
TABELA 9 -	Parâmetros dos modelos de regressão e coeficientes de determinação para a percentagem de nitrogênio remanescente da fitomassa aérea residual do azevém adubado com doses crescentes de nitrogênio, com e sem pastejo, durante o ciclo do feijão. Meia vida da percentagem do carbono remanescente em dias.....	58
TABELA 10 -	Parâmetros dos modelos de regressão e coeficientes de determinação da quantidade de nitrogênio liberado, em kg ha^{-1} , da fitomassa aérea residual, aos 18, 32, 46 e 68 dias após a emergência do feijoeiro (DAE), em subparcelas com e sem pastejo. Equação: $y = a+bx$	60
TABELA 11 -	Estimativa da quantidade acumulada de nitrogênio, em kg ha^{-1} , liberado da fitomassa aérea de azevém aos 18, 32, 46 e 68 dias após a emergência (DAE) do feijão, em sub	

	parcelas com e sem pastejo em azevém adubado com doses crescentes de nitrogênio.....	60
ESTUDO II		
TABELA 1 -	Caracterização da granulometria do solo (g kg^{-1}).....	69
TABELA 2 -	Valores médios de pH em CaCl_2 , P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, CTC e V, nas profundidades de 0-5 e 5-10, em Guarapuava (PR).....	69
TABELA 3 -	Carbono orgânico total (COT) e particulado (CMOP) da camada de 0-5 cm da área experimental, em duas épocas de amostragem. Média de 12 repetições.....	69
TABELA 4 -	Respiração basal (RB), carbono na biomassa microbiana (BM), respiração máxima induzida (RM) e quociente metabólico ($q\text{CO}_2$), a 0-5 e 5-10 cm de profundidade, em áreas sem (SP) e com (CP) pastejo, em Guarapuava, PR..	74
TABELA 5 -	Carbono na biomassa microbiana por fumigação extração (BMFE), aos 46 DAE do feijão, a 0-5 e 5-10 cm de profundidade, em áreas sem (SP) e com (CP) pastejo, em Guarapuava, PR.....	75
TABELA 6 -	Relações carbono microbiano (C_{mic})/carbono orgânico total (COT) e carbono microbiano/carbono na matéria orgânica particulada (CMOP), em percentagem, em duas épocas de amostragem na camada de 0-5cm da área experimental. Média de 12 repetições.....	77
ESTUDO III		
TABELA 1 -	Caracterização da granulometria do solo (g kg^{-1}).....	85
TABELA 2 -	Valores médios de pH em CaCl_2 , P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, CTC e V, nas profundidades de 0-5 e 5-10, em Guarapuava (PR).....	85
TABELA 3 -	Estoques totais de carbono, nitrogênio e relação C/N, em Mg ha^{-1} , na camada de 0 a 5 cm de profundidade, em um Latossolo Bruno cultivado com feijão em sucessão à pastagem de azevém adubada com doses crescentes de nitrogênio, com e sem pastejo, em duas épocas de amostragem.....	89
TABELA 4 -	Estoques de carbono, nitrogênio e relação C/N, na matéria orgânica associada aos minerais, em Mg ha^{-1} , na camada de 0 a 5 cm de profundidade, em um Latossolo Bruno cultivado com feijão em sucessão à pastagem de azevém adubada com doses crescentes de nitrogênio, com e sem pastejo, em duas épocas de amostragem.....	90
TABELA 5 -	Estimativa das adições de carbono pelos resíduos vegetais ao solo em função da dose de N aplicada na pastagem e da presença de ovinos sob pastejo no primeiro ano de integração lavoura-pecuária, em Guarapuava- PR.	90
TABELA 6 -	Estoques de carbono, nitrogênio e relação C/N, na matéria orgânica particulada (MOP), em Mg ha^{-1} , na camada de 0 a 5 cm de profundidade, em um Latossolo Bruno cultivado com feijão em sucessão à pastagem de azevém adubada com doses crescentes de nitrogênio, com e sem pastejo, em duas épocas de amostragem.....	92

TABELA 7 -	Estoques, em Mg ha^{-1} , carbono e nitrogênio totais (COT e NT), na matéria orgânica particulada (CMOP e NMOP) e associada aos minerais (CMOM e NMOM) por época de coleta em cada classe de agregados. Médias de 24 repetições.....	95
TABELA 8 -	Percentagens dos estoques de carbono e nitrogênio totais (COT e NT), na matéria orgânica particulada (CMOP e NMOP) e associada aos minerais (CMOM e NMOM) em cada classe de agregado, em duas épocas de coleta.....	95
TABELA 9 -	Estoques totais de carbono (COT), nitrogênio (NT) e relação C/N, em Mg ha^{-1} , na camada de 0 a 5 cm de profundidade, em duas classes de agregados (< 4 e ≥ 4 mm), de um Latossolo Bruno cultivado com feijão em sucessão à pastagem de azevém adubada com doses crescentes de nitrogênio, com (CP) e sem pastejo (SP), em duas épocas de amostragem, após a saída dos animais (I) e após a colheita do feijão (II).....	96
TABELA10 -	Estoques de carbono, nitrogênio e relação C/N na matéria orgânica associada aos minerais (MOM), em Mg ha^{-1} , na camada de 0 a 5 cm de profundidade, em duas classes de agregados de um Latossolo Bruno cultivado com feijão em sucessão à pastagem de azevém adubada com doses crescentes de nitrogênio, com (CP) e sem pastejo (SP), em duas épocas de amostragem, após a saída dos animais (I) e após a colheita do feijão (II).....	97
TABELA11 -	Estoques de carbono, nitrogênio e relação C/N na matéria orgânica particulada (MOP), em Mg ha^{-1} , na camada de 0 a 5 cm de profundidade, em duas classes de agregados de um Latossolo Bruno cultivado com feijão em sucessão à pastagem de azevém adubada com doses crescentes de nitrogênio, com (CP) e sem pastejo (SP), em duas épocas de amostragem, após a saída dos animais (I) e após a colheita do feijão (II).....	99
ESTUDO IV		
TABELA 1 -	Caracterização da granulometria do solo (g kg^{-1}).....	109
TABELA 2 -	Valores médios de pH em CaCl_2 , P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, CTC e V, nas profundidades de 0-5 e 5-10, em Guarapuava (PR).....	110
TABELA 3 -	Percentagem de agregados do solo, nas diferentes classes de diâmetro (mm), em coleta realizada após a saída dos animais (coleta I) e após a colheita do feijão (coleta 2), em áreas sob azevém adubado com doses crescentes de nitrogênio, com e sem pastejo no inverno, em Guarapuava, PR. Valores médios de 6 repetições.....	113
TABELA 4 -	Diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG) de um Latossolo Bruno sob azevém adubado com doses crescentes de nitrogênio, com e sem pastejo no inverno, em coleta realizada após a saída dos animais (coleta I) e após a colheita do feijão (coleta 2), em Guarapuava, PR. Valores médios de 3 repetições.	118

LISTA DE FIGURAS

ESTUDO I		
FIGURA 1 -	Temperatura do solo coberto com palha durante o período experimental nas profundidades de 5 e 10 cm.	42
FIGURA 2 -	Precipitação e temperatura média do ar durante o período experimental (mês/ano), em Guarapuava, PR.	43
FIGURA 3 -	Quantidade em kg ha^{-1} , de fitomassa aérea seca residual do azevém cultivado sob doses crescentes de N, em subparcelas com (CP) e sem pastejo (SP). (— CP) $y = 2090 + 9,64 x$; $R^2 = 0,84$ e (- - - SP) $y = 5057 + 12,98x$; $R^2 = 0,88$	47
FIGURA 4 -	Teor de nitrogênio em percentagem, contido na fitomassa aérea seca residual do azevém cultivado sob doses crescentes de N, em subparcelas sem pastejo. $y = 0,6628 + 0,0043x$; $R^2=0,88$	48
FIGURA 5 -	Teor de carbono em percentagem, contido na fitomassa aérea seca residual do azevém cultivado sob doses crescentes de N, em subparcelas sem pastejo. $y = 41,45 + 0,0049x$; $R^2=0,69$	48
FIGURA 6 -	Relação C/N da fitomassa aérea seca residual do azevém cultivado sob doses crescentes de N, em subparcelas sem pastejo. $y = 58,47 - 0,1547x$; $R^2=0,82$	49
FIGURA 7 -	Perda de matéria seca da fitomassa aérea residual de azevém, adubado no inverno com doses crescentes de N, com (CP) e sem pastejo (SP), durante o ciclo do feijão cultivado em sucessão à pastagem.	51
FIGURA 8 -	Carbono remanescente, em percentagem, da fitomassa aérea residual do azevém adubado com doses crescentes de nitrogênio, com e sem pastejo, durante o ciclo do feijão.....	53
FIGURA 9 -	Decaimento da relação C/N da fitomassa aérea residual do azevém adubado com doses crescentes de nitrogênio, com e sem pastejo.....	54
FIGURA 10 -	Teor de fibra detergente ácida (FDN) em percentagem, contido na fitomassa aérea seca residual do azevém cultivado sob doses crescentes de nitrogênio, em subparcelas com (CP) e sem pastejo (SP).....	56
FIGURA 11 -	Quantidade de nitrogênio em kg ha^{-1} , contido na fitomassa aérea seca residual do azevém cultivado sob doses crescentes de N, em subparcelas com (— CP) e sem pastejo (- - -SP). CP: $y = 24,04 + 0,2349x$; $R^2 = 0,79$ e SP: $y = 29,97 + 0,4372x$; $R^2 = 0,89$	57
FIGURA 12 -	Percentagem de nitrogênio remanescente da fitomassa aérea residual do azevém adubado com doses crescentes de nitrogênio, com e sem pastejo, durante o ciclo do feijão.....	58
FIGURA 13 -	Quantidade de nitrogênio liberado em kg ha^{-1} aos 18,	

	32, 46 e 68 dias após a emergência do feijoeiro (DAE), a partir da fitomassa aérea residual total de azevém adubado com doses crescentes de N, em subparcelas com (—CP) e sem (- - - SP) pastejo.....	59
ESTUDO II		
FIGURA 1 -	Temperatura do solo coberto com palha durante o período experimental nas profundidades de 5 e 10 cm.	68
FIGURA 2 -	Precipitação e temperatura média do ar durante o período experimental (mês/ano), em Guarapuava, PR.	68
FIGURA 3 -	Respiração basal (RB) nas camadas de 0 a 5 cm e de 5 a 10 cm do solo, médias entre os tratamentos distribuídas no tempo, em áreas com (CP) e sem pastejo (SP) por ovinos, em Guarapuava, PR.....	72
FIGURA 4 -	Biomassa microbiana (BM) nas camadas de 0 a 5 cm e de 5 a 10 cm do solo, médias entre os tratamentos distribuídas no tempo, em áreas com (CP) e sem pastejo (SP) por ovinos, em Guarapuava, PR.....	72
FIGURA 5 -	Quociente metabólico (QM) e biomassa microbiana do solo (BM), aos 42 DAE do feijão, em áreas sem pastejo, na profundidade de 0 a 5 cm.....	76
ESTUDO III		
FIGURA 1 -	Precipitação e temperatura média do ar durante o período experimental (mês/ano), em Guarapuava, PR.....	85
FIGURA 2 -	CMOP em Mg ha ⁻¹ , em função das doses de N aplicadas na pastagem, em subparcelas pastejadas, em duas épocas de coleta.....	93
FIGURA 3 -	NMOP em Mg ha ⁻¹ , em função das doses de N aplicadas na pastagem, em subparcelas pastejadas, nas duas épocas de coleta.....	93
FIGURA 4 -	CMOP em Mg ha ⁻¹ , coleta 1, na classe de agregados menor que 4, em parcelas com pastejo.....	100
FIGURA 5 -	CMOP em Mg. ha ⁻¹ , coleta 2, na classe de agregados ≥ 4 mm, em parcelas com pastejo.....	101
FIGURA 6 -	NMOP em Mg. ha ⁻¹ , coleta 2, na classe de agregados ≥ 4 mm, em parcelas com pastejo.....	101
ESTUDO IV		
FIGURA 1 -	Precipitação e temperatura média do ar durante o período experimental (mês/ano), em Guarapuava, PR.	109
FIGURA 2 -	Efeito das doses de nitrogênio sobre a percentagem de agregados maiores que 4 mm em áreas sem pastejo, na camada de 0-5 cm na coleta realizada após a colheita do feijão.	115
FIGURA 3 -	Diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG) em mm, na camada de 0-5 cm de um Latossolo Bruno em função das doses de nitrogênio aplicadas na pastagem de azevém sem pastejo, em coleta realizada após a colheita do feijão que sucedeu à pastagem.....	117

LISTA DE SIGLAS

BM	-	Carbono na biomassa microbiana
BMFE	-	Carbono na biomassa microbiana por fumigação-extração
C/N	-	Relação carbono/nitrogênio
CMOM	-	Carbono orgânico associado aos minerais
CMOP	-	Carbono orgânico na matéria orgânica particulada
COT	-	Carbono orgânico total
CP	-	Com pastejo por ovinos
DAE	-	Dias após a emergência
DMG	-	Diâmetro médio geométrico
DMP	-	Diâmetro médio ponderado
FDA	-	Fibra detergente ácido
FDN	-	Fibra detergente neutro
ILP	-	Integração lavoura-pecuária
IRGA	-	<i>Infra-red gas analysis</i>
MS	-	Matéria seca
NMOM	-	Nitrogênio associado aos minerais
NMOP	-	Nitrogênio na matéria orgânica particulada
NT	-	Nitrogênio total
qCO_2	-	Quociente metabólico
RB	-	Respiração basal
RM	-	Respiração máxima induzida por glicose
SP	-	Sem pastejo por ovinos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
Hipótese.....	16
Objetivo geral.....	16
Objetivos específicos.....	16
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
Integração lavoura-pecuária.....	17
Matéria orgânica do solo.....	19
Biomassa microbiana.....	23
Distribuição de agregados.....	26
Referências bibliográficas.....	30
3. ESTUDO I. DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS CULTURAIS DE AZEVÉM SOB PASTEJO E LIBERAÇÃO DE NITROGÊNIO DURANTE O CICLO DO FEIJÃO	
Resumo.....	38
Abstract.....	39
Introdução.....	40
Material e métodos.....	41
Resultados e discussão.....	46
Conclusões.....	61
Referências bibliográficas.....	61
4. ESTUDO II. VARIAÇÕES SAZONAIS NA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO E NA MINERALIZAÇÃO DO CARBONO EM SOLO SOB SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA	
Resumo.....	64
Abstract.....	65
Introdução.....	66
Material e métodos.....	67
Resultados e discussão.....	71
Conclusões.....	78
Referências bibliográficas.....	78
5. ESTUDO III. CARBONO ORGÂNICO EM UM LATOSSOLO BRUNO SOB AZEVÉM COM E SEM PASTEJO E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA	
Resumo.....	81
Abstract.....	82
Introdução.....	83
Material e métodos.....	84
Resultados e discussão.....	88
Conclusões.....	102
Referências bibliográficas.....	102
6. ESTUDO IV. DISTRIBUIÇÃO DE AGREGADOS EM UM LATOSSOLO BRUNO SOB AZEVÉM COM E SEM PASTEJO E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA	
Resumo.....	105
Abstract.....	106
Introdução.....	107
Material e métodos.....	108
Resultados e discussão.....	112

Conclusões.....	118
Referências bibliográficas.....	119
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	122

INTRODUÇÃO

O sistema de integração lavoura-pecuária caracteriza-se pela rotação, em uma mesma área, das atividades de pastejo e produção de grãos. Dentre os pressupostos básicos desse sistema constam adubações na pastagem e o ajuste da lotação dos animais e do período de pastejo, de forma que, após a saída dos animais, a quantidade de biomassa vegetal seja suficiente para a utilização do sistema de plantio direto.

A integração lavoura-pecuária na região subtropical brasileira oferece ao agricultor uma alternativa de menor risco e maior rentabilidade no inverno, além disso, é considerado um sistema sustentável, pois pode favorecer a manutenção dos estoques de carbono orgânico do solo e a maior eficiência no uso de insumos, devido à ciclagem dos nutrientes.

O pastejo no inverno pode melhorar o rendimento das culturas de verão por disponibilizar nutrientes de forma mais rápida, devido aos excrementos animais e também devido à mineralização dos resíduos da pastagem. Assim, o pastejo parece reduzir o tempo de imobilização microbiana durante a decomposição dos resíduos do inverno e pode diminuir a exigência em adubações no verão, se houver adequada sincronia entre a mineralização e o ciclo da cultura.

Sabe-se que parte da adubação é perdida por processos de lixiviação, volatilização ou desnitrificação, portanto, a dose de nitrogênio a ser aplicada na pastagem e a possível sincronia entre a liberação de nutrientes dos resíduos da pastagem e as exigências da cultura de verão deve ser investigada visando o uso racional de adubos e a eficiência do sistema.

O sistema de plantio direto aumenta os estoques de carbono do solo em longo prazo, e reflete a lenta atividade biológica sobre resíduos vegetais de elevada relação C/N, e teores elevados de polissacarídeos de alto peso molecular, os quais constituirão a base para a formação do húmus. A proteção física da matéria orgânica, contra o ataque microbiológico, nos agregados do solo não revolvido, também tem sido proposta.

A presença de animais sob pastejo e a adubação nitrogenada na pastagem alteram qualitativa e quantitativamente o aporte de resíduos, o que pode alterar os estoques de carbono do solo. Para que o pastejo não altere os estoques de matéria orgânica, o aporte de carbono via resíduo deve ser ajustado por meio do controle da

lotação da pastagem, das rotações com culturas de elevada produção de biomassa, e ainda com adubações da pastagem.

As alterações no estoque de carbono orgânico total no solo ocorrem em longo prazo, mas as alterações decorrentes do manejo podem ser percebidas mais rapidamente nas frações mais lábeis da matéria orgânica, ou seja, na biomassa microbiana e na matéria orgânica particulada do solo. Estes parâmetros são mais úteis do que o carbono orgânico total, para avaliar alterações em experimentos de curto prazo.

Tanto o peso da biomassa microbiana quanto sua atividade podem permitir avaliar o potencial de ciclagem do solo, em determinadas condições de manejo e clima e, portanto, inferir sobre a qualidade do solo nas condições estudadas.

Solos que apresentam elevada biomassa microbiana geralmente possuem maior quantidade de matéria orgânica, e se a atividade desta biomassa é reduzida, garante-se o estoque dessa matéria orgânica no solo. Ao contrário, quanto maior a atividade microbiana maior a perda de carbono na forma de gás carbônico. A quantificação do gás carbônico resultante da atividade biológica do solo é um parâmetro aceito para atestar a qualidade do solo.

As frações mais lábeis da matéria orgânica do solo encontram-se distribuídas em macroagregados, ou seja, nas frações de diâmetro acima de 0,25 mm. Nestas frações, o carbono é afetado rapidamente pelas práticas de manejo e demais condições ambientais. Avaliar o carbono presente nos macroagregados de um solo pode nos auxiliar a manejá-lo de forma mais adequada.

A qualidade de um solo significa a manutenção de sua capacidade produtiva ao longo do tempo, preservando o meio ambiente e a saúde dos seres vivos. Conservar o carbono ou mesmo aumentá-lo é condição básica desta premissa. O sistema de Integração lavoura-pecuária é considerado conservacionista, porém estudos envolvendo atividade microbiana e matéria orgânica em sistemas integrados no Paraná ainda não foram realizados.

1.1. Hipótese

A adubação nitrogenada e o pastejo no inverno alteram a disponibilidade de resíduos no solo, afeta a dinâmica de decomposição dos resíduos, a biomassa microbiana no solo, o estoque de carbono orgânico lábil e a distribuição de agregados na camada superficial do solo, em curto prazo.

1.2. Objetivo geral

Avaliar a contribuição, em curto prazo, do pastejo e da adubação nitrogenada em pastagem de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) sobre a dinâmica do carbono e do nitrogênio nos resíduos da pastagem e nas diferentes frações da matéria orgânica de um Latossolo Bruno, em duas classes de agregados, na camada superficial, sob sistema de Integração lavoura-pecuária.

1.3. Objetivos específicos

Avaliar o efeito do pastejo e da adubação nitrogenada em azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) sobre a fitomassa aérea residual e sobre a dinâmica de decomposição e liberação de nitrogênio desses resíduos durante o ciclo do feijão cultivado em sucessão à pastagem.

Observar variações sazonais da biomassa microbiana e sua atividade durante a rotação pastagem de azevém e feijão.

Analisar a contribuição de curto prazo do pastejo e da adubação nitrogenada sobre o acúmulo de carbono e nitrogênio na camada superficial de um Latossolo Bruno sob sistema de integração lavoura-pecuária.

Avaliar o efeito de curto prazo do pastejo e da adubação nitrogenada do azevém sobre as propriedades de agregação da camada superficial de um Latossolo Bruno sob sistema de integração lavoura-pecuária.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Sistema de integração lavoura-pecuária

O sistema de integração lavoura-pecuária mais utilizado na região sul do Brasil consiste na rotação entre produção animal no inverno e produção de grãos no verão, em uma mesma área. Esse sistema tem se expandido na região Sul do Brasil e permite a produção de carne e leite durante o inverno (ASSMANN et al, 2007; MORAES et al., 2007).

Dentre os fatores favoráveis à implantação do sistema integrado na região sul listam-se a disponibilidade de área, a possibilidade de produção de forrageiras tropicais ou temperadas, perenes ou anuais adaptadas à região, a disponibilidade de sementes e também, a tradição das pequenas propriedades em manter animais na propriedade (MONTEIRO et al., 2008; BALBINOT, 2007). A produção animal a pasto pode apresentar menor custo de produção e menor impacto ambiental em comparação ao sistema confinado (MORAES et al., 2008).

Apesar da maior complexidade, o sistema integrado de produção é considerado sustentável e viável do ponto de vista econômico e ambiental (SALTON, 2005). Dentre os fatores que justificam o seu uso, o mais importante é o fato de otimizar o uso da terra e assim evitar o desmatamento. Durante o inverno na região subtropical brasileira aproximadamente nove milhões de hectares de áreas cultiváveis no verão permanecem em pousio ou são cultivadas com culturas de cobertura, em função das condições climáticas e da baixa competitividade das culturas hibernais (MORAES et al., 2007).

O cultivo de culturas de cobertura, durante o inverno, nas áreas de produção agrícola visa à produção de biomassa vegetal para o plantio direto das culturas de verão. Esse cultivo não gera renda imediata para o produtor, mas protege o solo contra a erosão e permite o aporte de carbono e nutrientes por meio de resíduos e a manutenção das propriedades do solo (VARGAS et al, 2005; AMADO et al., 2006). A entrada de animais nessas áreas de agricultura sob plantio direto forneceria uma renda extra ao produtor, sem os riscos que as culturas hibernais apresentam.

O efeito da presença do animal sob pastejo em áreas agrícolas, sobre as propriedades físico-químicas e biológicas do solo, bem como sobre os componentes

de rendimento e produtividade das culturas em sucessão têm sido documentadas por diversos autores (ASSMANN et al., 2003; BALBINOT, 2007; SANDINI et al., 2008; SOUZA et al., 2008; ANDREOLLA et al., 2009).

A presença de animais em áreas cultivadas pode provocar compactação do solo, especialmente na camada superficial e restringir o crescimento de raízes e a produtividade de culturas (ALBUQUERQUE et al., 2001). Porém, estudos realizados em solos de textura média a argilosa mostram que com o manejo adequado da pastagem, evita-se a compactação pelo pisoteio animal. A parte aérea da pastagem, bem como o elevado crescimento de raízes das gramíneas forrageiras atenua o efeito mecânico do pisoteio sobre o solo (BALBINOT, 2007; ANDREOLLA et al., 2009).

Diversos benefícios têm sido relacionados ao sistema integrado, dentre eles a quebra do ciclo de pragas (SILVEIRA, 2007) e o melhor aproveitamento dos nutrientes no sistema, devido ciclagem rápida tanto dos resíduos animais quanto dos resíduos vegetais (ASSMANN et al., 2007). Os animais sob pastejo aceleram a dinâmica de decomposição de resíduos e a ciclagem de nutrientes no sistema, pois ingerem forragem que apresenta nutrientes pouco disponíveis e excretam fezes e urina, que apresentam nutrientes de fácil mineralização, os quais podem ser novamente absorvidos pelas plantas, formando novamente massa vegetal (MONTEIRO; WERNER, 1997).

Com o manejo adequado do processo de pastejo em sistema de integração lavoura-pecuária, não há comprometimento da produtividade das culturas semeadas em sucessão à pastagem (SILVEIRA, 2007; LUNARDI et al., 2008; SANDINI et al., 2008). BONA FILHO et al (2003) e ASSMANN et al. (2003) indicam também efeito residual positivo da adubação da pastagem sobre a cultura em sucessão

Por outro lado, em sistema de integração lavoura-pecuária, há menor quantidade de palha remanescente para proteção do solo no verão, pois grande parte da massa vegetal produzida pela pastagem é consumida pelos animais. A falta de palha neste sistema pode aumentar a infestação de plantas daninhas ao longo do tempo (BALBINOT, 2008), o que pode também comprometer a cobertura do solo, os estoques de carbono orgânico do solo e a sustentabilidade do sistema em longo prazo (FRANZLUEBBERS; STUEDEMANN, 2008).

A manutenção ou mesmo aumento dos estoques de carbono orgânico em sistema de integração lavoura-pecuária depende da quantidade de fitomassa

produzida no sistema. Dependendo da frequência de pastejo e do sistema de rotação de culturas de verão, a integração lavoura-pecuária pode ser uma fonte ou um dreno de carbono para a atmosfera (NICOLOSO et al., 2008).

Dentre os temas para pesquisa de interesse relevante em integração lavoura-pecuária, está o estabelecimento de um nível ótimo de biomassa vegetal que permita o ganho animal (individual e por área) e que ainda garanta cobertura adequada do solo sem comprometer a lavoura em sucessão e a qualidade do solo em longo prazo.

NICOLOSO et al. (2008) citam a necessidade de investigar sistemas de pastejo que proporcionem aporte de resíduos e ainda a seleção de culturas de verão que produzam grande quantidade de fitomassa a fim de compensar a retirada de resíduos durante o inverno para a produção animal. Visando também o aporte de fitomassa recomenda-se a adubação nitrogenada da pastagem (BONA FILHO et al., 2003; ASSMANN et al., 2004; MORAES et al., 2008).

De acordo com ASSMANN et al. (2007), a pastagem se beneficia da reciclagem do fósforo e do potássio provenientes dos resíduos da lavoura de verão. Porém, o mesmo não acontece com o nitrogênio, sendo, portanto imperativo a fertilização nitrogenada da pastagem em sistemas de integração-lavoura pecuária para que se possa conciliar a produção animal e a produção de fitomassa residual para o plantio direto.

2.2. Matéria orgânica do solo

A matéria orgânica do solo é constituída por restos vegetais, animais e microbianos em diferentes estágios de decomposição e encontra-se distribuída em diferentes compartimentos no solo (BAYER; MIELNICZUK, 2008).

O fracionamento granulométrico da matéria orgânica do solo consiste na separação de suas frações particulada e associada aos minerais, e tem como objetivo estudar o efeito do manejo do solo sobre a matéria orgânica (CAMBARDELLA; ELLIOT, 1992).

A matéria orgânica particulada é a fração da matéria orgânica separada por dispersão e peneiramento do solo e associada à fração areia (>53 µm), constitui-se de material biológico de deposição mais recente, ainda não humificado. Fazem parte dessa fração, restos de tecido animal e vegetal, compostos orgânicos de

composição química ainda definida e microrganismos. A sua permanência no solo está condicionada à proteção física desempenhada pelos agregados. A maior parte da matéria orgânica do solo encontra-se associada às partículas minerais do solo, sendo constituída por material humificado resultante dos processos físico-químicos e biológicos ao longo do tempo. A matéria orgânica associada aos minerais está associada ao silte e a argila (< 53 μm), formando os complexos organominerais e está protegida pelo mecanismo de proteção coloidal (CAMBARDELLA; ELLIOT, 1992).

O compartimento inicial da matéria orgânica, denominada matéria orgânica particulada é o compartimento mais lábil e, portanto afetada pelo manejo em curto prazo. Com a humificação, a matéria orgânica torna-se mais estável e encontrando-se associada aos minerais do solo, é afetada pelos processos de manejo do solo apenas em longo prazo (CONCEIÇÃO et al., 2005; BAYER; MIELNICZUK, 2008).

De acordo com DORAN; PARKIN (1994), a qualidade do solo é definida por sua capacidade de manter a produtividade biológica em longo prazo, sem afetar a saúde dos seres vivos e a qualidade do meio ambiente. A matéria orgânica do solo é considerada o principal indicador de qualidade do solo, pois influencia propriedades físicas, químicas e biológicas do solo que afetam a produtividade vegetal e os ciclos biogeoquímicos. Destacam-se a atividade biológica, estabilidade dos agregados, resistência à erosão, capacidade de troca de cátions do solo, infiltração e retenção de água e a disponibilidade de nutrientes (MIELNICZUK, 2008).

A matéria orgânica participa dos processos de formação e estabilidade dos agregados do solo, o que favorece a porosidade e a continuidade dos macroporos, e conseqüentemente a dinâmica da água e do ar e a penetração das raízes. O controle dos processos erosivos depende também dessa estrutura agregada (SALTON et al., 2008).

A matéria orgânica do solo sustenta uma população abundante e diversificada de micro-organismos e animais do solo. Essas populações permitem a continuidade da vida no planeta, pois são responsáveis pelos diferentes processos que envolvem os ciclos do carbono e do nitrogênio, as transformações dos demais nutrientes, além da detoxificação de xenobióticos (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A manutenção da matéria orgânica do solo depende do aporte de compostos orgânicos, principalmente derivados de resíduos vegetais. O sistema de plantio direto, devido à ausência de revolvimento e manutenção dos resíduos vegetais

sobre o solo, aliado ao sistema de rotação de culturas com elevada adição de fitomassa são fundamentais para o aumento dos estoques de carbono do solo e preservação das propriedades a ele associadas (LOVATO et al., 2004; LOSS et al., 2008 e NICOLOSO et al., 2008).

A dinâmica de decomposição desses resíduos no solo depende dos seguintes fatores: composição química dos resíduos (relação C/N, concentração de lignina, presença de substâncias tóxicas, metais pesados) e o tamanho das partículas; condições físico-químicas locais que afetam a atividade biológica, tais como: temperatura, aeração, pH, macro e micronutrientes, umidade, vegetação, características de solo e manejo do solo; características da fauna e microrganismos do solo, tais como população, diversidade e eficiência metabólica, capacidade de decompor resíduos recalcitrantes e fixar o nitrogênio do ar, além das interações biológicas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

As taxas de mineralização da matéria orgânica do solo também dependem dos fatores acima listados, além de processos abióticos. A manutenção ou aumento no estoque de carbono do solo dependerá do balanço existente entre a entrada e a saída de carbono no sistema, na forma de gás carbônico e metano, resultantes do processo de mineralização dos resíduos e da matéria orgânica nativa do solo, além dos processos de erosão e lixiviação (BAYER; MIELNICZUK, 2008).

A substituição da vegetação nativa por agricultura diminui o teor de matéria orgânica do solo. O desmatamento, a agricultura, a pecuária foram responsáveis pelo aumento na emissão de carbono para a atmosfera e o consequente aumento do efeito estufa. Práticas conservacionistas de manejo do solo têm sido sugeridas na tentativa de manter ou aumentar os estoques de carbono no solo e minimizar as emissões de carbono (COSTA et al., 2008).

A manutenção da matéria orgânica do solo ou de estoques de carbono tem sido objeto de diversos estudos em sistemas agrícolas. Dentre os fatores que afetam os estoques de carbono listam-se o sistema de preparo do solo, a fertilização do solo, rotação de culturas, pastagens, cobertura do solo e consórcios.

Após 14 anos de cultivo convencional, em substituição à pastagem nativa, houve redução de 22% e de 14% dos estoques iniciais de carbono e de nitrogênio do solo em condições subtropicais. O revolvimento do solo e a incorporação dos resíduos aumentam a taxa de mineralização, expõe o solo aos processos erosivos e, portanto acarretam perdas significativas de carbono (DIECKOW et al., 2005). Os

autores demonstraram o efeito positivo da fertilização nitrogenada e das leguminosas em aumentar os estoques de carbono e nitrogênio do solo após 17 anos de plantio direto.

O efeito positivo do plantio direto em aumentar os estoques de carbono do solo em longo prazo foi relatado para as regiões tropicais e subtropicais brasileiras (DIECKOW et al., 2005; BAYER et al., 2006) e uma síntese das taxas de retenção de carbono em solos brasileiros sob plantio direto encontra-se em COSTA et al. (2008).

BAYER et al. (2006) estimaram as taxas de sequestro de carbono em solos brasileiros sob plantio direto. Em média, a taxa estimada foi de $0,35 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para regiões tropicais, semelhante às taxas obtidas para regiões temperadas, e foi menor que a taxa de $0,48 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ estimada para os solos subtropicais da região sul do Brasil.

A manutenção ou o aumento dos estoques de carbono do solo dependem também da textura e da mineralogia do solo devido à proteção física conferida pela argila e pelos agregados estáveis (BAYER et al., 2006; ZINN et al., 2007).

COSTA et al. (2004) relataram taxas de incremento de $0,15 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de carbono orgânico total e de $0,06 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de carbono orgânico particulado na camada de 0-20 cm, em um Latossolo Bruno sob plantio direto, em Guarapuava, PR. As taxas foram calculadas em comparação aos estoques de carbono orgânico do solo em preparo convencional. Para os autores essas taxas de incremento nos estoques de carbono orgânico foram baixas.

A quantidade de fitomassa residual pode afetar os estoques de carbono do solo. Em Guarapuava-PR, COSTA et al. (2004) mostraram que para um incremento acumulado de $3,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ de carbono orgânico total após 11 anos de plantio direto foram necessárias uma quantidade média de $5,6 \text{ Mg}$ de fitomassa $\text{ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

A importância da quantidade de resíduos culturais disponibilizados durante o ano foi discutida por BAYER et al. (2006). A introdução de leguminosas como cultura de cobertura em plantio direto e a aplicação de fertilizantes nitrogenados melhoraram a qualidade do solo na região subtropical brasileira. Tais práticas aumentam a produção de fitomassa residual, condição necessária para aumentar os estoques de carbono do solo nas regiões tropicais e subtropicais (MANNA et al., 2005; DIECKOW et al., 2005; VIEIRA et al., 2007; COSTA et al., 2008)

SALTON et al. (2005) verificaram importante efeito dos sistemas de manejo contendo pastagens, de forma isolada ou em rotação com lavouras, sobre os estoques de carbono orgânico do solo e sobre a formação de macroagregados, cuja estabilidade se relacionou positivamente com a concentração de carbono orgânico total no solo. A taxa média de acúmulo de carbono orgânico no solo, na camada de 0 a 20 cm, foi de $0,4 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, para os sistemas com rotação lavoura-pastagem, em ciclos de dois e três anos de pastagem, calculada em relação a lavouras em plantio direto em Mato Grosso do Sul.

NICOLOSO et al. (2008) indicaram que em pastagem consorciada de aveia e azevém não adubada, o maior intervalo entre os pastejos durante o inverno, associado à utilização do milho no verão contribuiu para maiores adições de resíduos vegetais e acúmulo de carbono orgânico em um Argissolo no Rio Grande do Sul. Por outro lado, a maior frequência de pastejo e a utilização de leguminosas no verão reduziram os estoques de carbono do solo após quatro anos de integração lavoura-pecuária.

SOUZA et al. (2008) avaliaram o estoque de carbono orgânico em um latossolo vermelho distroférico sob sistema de integração lavoura-pecuária, submetido por cinco anos a diferentes intensidades de pastejo no inverno e monocultura de soja no verão, e encontraram redução significativa no estoque de carbono orgânico particulado na área com maior intensidade de pastejo, contudo, sem alterações nos estoques de carbono orgânico total. Para os autores a manutenção dos estoques totais deve-se à proteção física da matéria orgânica em solos argilosos.

2.3. Biomassa microbiana

A biomassa microbiana foi definida por JENKINSON; LADD (1981), como a parte viva da matéria orgânica do solo, corresponde ao material orgânico contido em bactérias, fungos, algas e na microfauna do solo. Representa um parâmetro sensível de detecção das mudanças iniciais no conteúdo total de matéria orgânica do solo.

A biomassa microbiana é responsável por processos essenciais para a sustentabilidade do agroecossistema, como a ciclagem de nutrientes e a produção de fatores de agregação do solo. Sistemas conservacionistas tendem a apresentar valores mais elevados de biomassa microbiana. Quanto maiores os teores de

biomassa microbiana ou carbono microbiano, maior será a reserva de carbono e nutrientes no solo e menores as perdas (MERCANTE, 2001; GRISE, 2005).

Segundo GRISE (2005), quanto mais eficiente for o processo de ciclagem dentro do ecossistema, mais sustentável será o sistema, pois menor a necessidade de fertilizantes. Conhecer os parâmetros microbiológicos pode auxiliar a tomada de decisões no que diz respeito ao aproveitamento dos nutrientes que estão entrando no sistema.

A biomassa microbiana responde aos diferentes processos de manejo do solo de forma mais rápida do que o carbono total e por isso tem sido utilizada como um indicador de qualidade dos solos e um parâmetro para avaliar o efeito da adição de resíduos (POWLSON et al., 1987; SILVA; RESCK, 1997). Modificações na biomassa microbiana do solo têm sido observadas em função das práticas de preparo do solo, do manejo de plantas, e da adubação (CATTELAN; VIDOR, 1990; SILVA et al., 2007; BRANDÃO-JÚNIOR et al, 2008).

Estudos mostram as flutuações sazonais na biomassa microbiana, principalmente em função do ciclo das culturas, do aporte de resíduos, e das condições climáticas, especialmente umidade e temperatura (CATTELAN; VIDOR, 1990; BALOTA et al., 1998; ESPÍNDOLA, et al., 2001; SILVA et al., 2007)

Dentre os diversos parâmetros microbiológicos atualmente utilizados (FRIGHETTO; VALARINI, 2005), destacam-se além da biomassa microbiana, carbono microbiano, a respiração basal, a respiração induzida e o quociente metabólico e as relações entre estes parâmetros e o carbono do solo (SMITH; PAUL, 1990). A relação carbono microbiano/carbono orgânico total indica se o teor de carbono está em equilíbrio, acumulando ou diminuindo no solo. De acordo com JENKINSON; LADD (1981), 1 a 4% do carbono total do solo corresponde ao componente microbiano.

A respiração basal dos solos é um parâmetro frequentemente utilizado para avaliar a atividade microbiana, e geralmente relaciona-se com a disponibilidade de carbono lábil existente no solo. Porém, a interpretação dos resultados da atividade biológica deve ser feita com critério, uma vez que elevados valores de respiração nem sempre indicam condições desejáveis: uma alta taxa de respiração pode significar, em curto prazo, liberação de nutrientes para as plantas, mas em longo prazo, perda de carbono orgânico do solo para a atmosfera (PARKIN et al., 1996).

Para estimar a atividade microbiana, respiração basal ou taxa de respiração específica, utiliza-se o método da respirometria, ou seja, mede-se a quantidade de CO₂ liberado por unidade de tempo. As avaliações do CO₂ liberado do solo ou da palhada em decomposição podem ser feitas por titulação ou por infravermelho em um aparelho denominado IRGA (*Infra Red Gas Analyser*) (HEINEMEYER et al., 1989 e FÖRSTER et al., 2006).

A taxa de respiração específica, também denominada quociente metabólico (qCO_2), é definida pela relação entre a respiração e o carbono microbiano, e representa a quantidade de CO₂ liberada por unidade de biomassa microbiana em determinado tempo. À medida que a biomassa microbiana se torna mais eficiente na utilização de recursos do ecossistema, menos CO₂ é perdido pela respiração e maior proporção de C é incorporada aos tecidos microbianos, o que resulta em diminuição do qCO_2 (ANDERSON ; DOMSH, 1990).

STUDDERT (1997) utilizou parâmetros biológicos para avaliar a pastagem e observou que mesmo no sistema convencional de cultivo, a introdução de pastagens na rotação, elevou os níveis de todos os indicadores de qualidade avaliados, dentre eles: nitrogênio da biomassa microbiana, carbono orgânico do solo e a estabilidade dos agregados. Ainda segundo o autor, a inclusão da pastagem em um sistema de rotação pode reverter o processo de degradação do solo causado pelo cultivo convencional.

O manejo da pastagem pode gerar quantidades variáveis de resíduos animais e vegetais sobre o solo. Segundo CASSOL (2003), esta variabilidade influencia o ambiente físico-químico e biológico do solo, pois o rendimento da forragem e a carga animal garantem um retorno de nutrientes pelos excrementos dos animais e pela palha residual.

A maior atividade da biomassa microbiana em pastagens em relação a outros sistemas de cultivo foi relatada por D'ANDRÉA et al. (2002) e XAVIER et al. (2006). Para os autores tal resultado relaciona-se provavelmente com a intensa ciclagem de raízes no sistema sob pastagem. Por outro lado, o efeito do sistema radicular das gramíneas em disponibilizar compostos orgânicos de fácil degradação, utilizados como fonte de energia no crescimento microbiano, também foi discutida por FREIXO et al. (2002). As exsudações radiculares favorecem a proliferação e a atividade microbiana, pois se constituem na principal fonte de nutrientes para os microrganismos do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

As vantagens comparativas da integração lavoura-pecuária na elevação da biomassa microbiana em relação a outras formas de manejo foram observadas por ACCOSTA-MARTINEZ (2004). O autor utilizou parâmetros físico-químicos e biológicos para comparar a integração lavoura-pecuária com o cultivo intensivo de algodão. Neste caso o carbono do solo, a biomassa microbiana, a atividade enzimática e as populações microbianas no solo foram superiores na pastagem e na rotação, o que indica a sustentabilidade do sistema.

KANDA (2002) não encontrou diferenças na capacidade de mineralização do carbono e do nitrogênio, ao comparar a rotação lavoura-pecuária com os demais sistemas de manejo em solos de cerrado, mas com base nos teores de carbono e nitrogênio presentes no solo, concluiu que a agricultura e a pecuária complementam-se ao manter uma quantidade apropriada de carbono no solo.

Outras vantagens foram apontadas por MERCANTE (2001) que ao comparar a biomassa microbiana em diferentes sistemas de manejo, encontrou que a rotação lavoura-pecuária apresentou o maior teor de carbono microbiano em relação ao sistema de plantio direto e convencional, comparando-se com a mata nativa, além disso, a atividade respiratória específica neste sistema em comparação aos demais indicou a menor possibilidade de perdas de nutrientes.

A adição de nitrogênio no sistema de integração lavoura-pecuária ocorre via excrementos animais no inverno e via fertilizantes nitrogenados no inverno e no verão. Sabe-se que a maior disponibilidade de nitrogênio no solo, eleva a biomassa e o teor de nitrogênio no tecido vegetal, e aumenta a relação parte aérea/sistema radicular. HENRY (2005) observou elevada exsudação de carbono orgânico pelas raízes de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) e correlacionou este efeito às alterações morfológicas no sistema radicular induzidas pela maior disponibilidade de nitrogênio.

Em coleta realizada após a saída dos animais, SOUZA et al (2008), observaram efeito significativo da maior intensidade de pastejo sobre a biomassa microbiana do solo e correlacionaram o fato à maior massa de raízes produzida no consórcio aveia-azevém. Diante do efeito negativo que as maiores intensidades de pastejo promovem, os autores indicam a necessidade de se avaliar a biomassa microbiana no decorrer do ciclo de pastejo a fim de entender a biomassa microbiana do solo no sistema de integração lavoura-pecuária.

2.4. Distribuição de agregados

A estrutura básica do solo consiste em agregados. Os agregados do solo são formados pela atração eletrostática entre as partículas minerais e orgânicas do solo e/ou por forças mecânicas de adesão ou aproximação. Os agregados são classificados em microagregados (<0,250 mm) que unidos formam os macroagregados (>0,250 mm) (TISDAL; OADES, 1982).

A estrutura agregada do solo é adequada para a produção agrícola, pois confere espaço adequado para a germinação das sementes e o desenvolvimento do sistema radicular. A presença de macroagregados estáveis à água permite maior difusão de ar, da água e dos nutrientes no solo. Além disso, a estrutura agregada protege a matéria orgânica dos processos oxidativos, favorece a retenção de água e nutrientes, evita a formação de crostas e o selamento dos poros, e desta forma impedem a erosão e os processos degradativos do solo (CARPENEDO; MIELNICZUK, 1990; VOLK; COGO, 2008).

Os agregados maiores se fragmentam em agregados menores quando as forças de desagregação, provenientes da água de irrigação ou da chuva ou dos implementos agrícolas, são maiores que as forças de união das partículas unitárias (areia, silte, argila) e das secundárias (microagregados).

Agregados estáveis são formados quando substâncias cimentantes unem-se aos domínios de argila. Tais substâncias são provenientes tanto do material de origem do solo, como os óxidos de ferro e alumínio, como de processos biológicos como mucilagens e exsudatos radiculares, polissacarídeos microbianos e hifas de fungos (BAYER et al., 1973; SILVA; MIELNICZUK, 1997).

A formação de agregados estáveis é desejável e diversos fatores estão envolvidos na formação e estabilização destes agregados, tais como mineralogia e textura do solo, o tipo e o teor de cátions presentes, ciclos de umedecimento e secagem, clima, manejo e uso do solo, rotação de culturas, sistemas de preparo, a matéria orgânica, microrganismos, as raízes de plantas e resíduos vegetais (REICHERT et al., 2006; FERREIRA et al., 2007; SALTON et al., 2008; BOCHNER et al., 2008).

Resultados obtidos por FERREIRA et al. (2007) indicam que a ação dos óxidos na agregação do solo depende não somente de seus teores e tipos, mas também dos teores de carbono orgânico existente nos solos. Se por um lado o

carbono aumenta a estabilidade de agregados, por outro, os agregados do solo, devido à proteção física, diminuem a taxa de decomposição dos resíduos orgânicos.

A importância da agregação do solo e da estabilidade dos agregados em regular o acúmulo ou a perda de matéria orgânica e de nutrientes de solos tropicais sob diferentes usos não é bem entendida. Esclarecer essas relações em diferentes tipos de solo e manejo pode ser de particular importância para o desenvolvimento de sistemas de produção agrícola sustentável (ASHAGRIE et al., 2007).

A formação de agregados estáveis no solo requer tempo. De acordo com SIX et al. (2002), o tempo de *turnover* dos macroagregados, ou seja, o tempo para a estabilização dos microagregados dentro dos macroagregados pode ser maior ou menor dependendo do manejo do solo. Para que a decomposição de resíduos orgânicos e a formação de substâncias húmicas estabilizantes dos microagregados ocorram é necessário o menor revolvimento do solo aliado à cobertura vegetal do solo.

A qualidade do material orgânico depositado no solo pode alterar a agregação e conseqüentemente a estabilidade dos agregados, modificando a dinâmica de transformação e alocação do carbono em diferentes compartimentos (PINHEIRO et al., 2004; BOCHNER et al., 2008). Compostos orgânicos presentes na serapilheira e o maior teor de carbono orgânico no solo favorecem a agregação do solo (BASTOS et al., 2005; NEVES et al., 2006; BOCHNER et al., 2008).

No entanto a correlação entre matéria orgânica e agregação nem sempre é observada pelo motivo de que somente parte da matéria orgânica é responsável pela estabilização dos agregados e que nem sempre os compostos orgânicos são os principais agentes cimentantes e principais atuantes no processo de estabilização dos agregados do solo (TISDALL; OADES, 1982; REICHERT et al., 2006).

A estabilidade dos agregados em água sofre influência do sistema de preparo do solo. A ausência de revolvimento do solo no sistema de plantio direto propiciou agregados maiores e mais resistentes na camada superficial comparativamente ao sistema convencional (SILVA et al., 2000)

O efeito das rotações de culturas utilizadas foi estudado por diversos autores (CARPENEDO; MIELNICZUK, 1990; CALONEGO et al., 2008) e, SILVA et al. (2005) e FERREIRA et al. (2007) indicam o efeito agregador das gramíneas.

Segundo MIELNICZUK (1999), a maior densidade de raízes das monocotiledôneas em relação às dicotiledôneas e a distribuição mais uniforme do

sistema radicular favorecem a distribuição dos exsudados no solo. SILVA; MIELNICZUK (1997) afirmam que as gramíneas podem ser usadas como plantas recuperadoras da estrutura do solo em áreas degradadas, por apresentarem maior densidade de raízes e melhor distribuição do sistema radicular no solo, favorecendo as ligações dos pontos de contato entre partículas minerais e agregados do solo, contribuindo para a formação e estabilidade dos agregados.

Diferentes indicadores físicos são utilizados para avaliar a qualidade estrutural de um solo, listam-se a porosidade, resistência ao penetrômetro, densidade, e a estabilidade dos agregados. A distribuição e a estabilidade dos agregados têm sido avaliadas por meio dos seguintes parâmetros: Diâmetro Médio Ponderado (DMP), Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Índice de Estabilidade de Agregados (IEA) (ZINN et al., 2007). Tais parâmetros têm sido considerados nos estudos envolvendo a busca por sistemas conservacionistas de manejo do solo,

O diâmetro médio ponderado (DMP) e o diâmetro médio geométrico (DMG) foram utilizados para descrever a estrutura física do solo e as alterações promovidas pelo manejo, especialmente a mecanização (SCHLOSSER et al., 2000), sistemas de preparo (CARPENEDO; MIELNICZUK, 1990; SOARES et al., 2005; PEIXOTO et al., 2006), rotações de culturas (CASTRO-FILHO et al., 2002; SILVA et al., 2005) e também pisoteio animal (SCAPINI et al., 1997) e integração lavoura-pecuária (SALTON et al., 2008).

Os dados de DMG e DMP são geralmente associados à outros atributos físicos de solo, como resistência à penetração, macroporosidade e densidade do solo ou à atributos químicos do solo (PAGLIAI et al., 2004; REICHERT et al., 2006). Relações positivas e significativas entre a distribuição dos agregados com o carbono orgânico do solo foram encontradas por PINHEIRO et al., (2004), FERREIRA et al. (2007), ZINN, et al. (2007) e BOCHNER et al. (2008). Por outro lado, REICHERT et al. (2006) não encontraram correlação positiva entre o carbono orgânico e a agregação do solo.

Segundo TISDALL; OADES (1982) os microagregados são mais estáveis e pouco afetados pelo manejo, pois são estabilizados por compostos orgânicos mais persistentes e óxidos de ferro e alumínio. Porém, estes microagregados são unidos entre si por compostos orgânicos transitórios, raízes, hifas de fungos e mucilagens. Estas classes maiores de agregados são afetadas pelo manejo e pelas culturas. Sistemas de cultivo que mantenham o solo coberto e que produzam resíduos

orgânicos em maior quantidade são, portanto desejáveis para manter uma boa estrutura física do solo.

2.5. Referências Bibliográficas

ACOSTA-MARTINEZ V, ZOBECK TM, ALLEN V. Soil microbial, chemical and physical properties in continuous cotton and integrated crop-livestock systems. **Soil Science Society of America Journal** 68 (6): 1875-1884 Nov-Dec 2004

ALBUQUERQUE, J.A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.3, p.717-723, 2001.

AMADO, T.J.C. et al. Potential of carbon accumulation in no-till soils with intensive use and cover crops in Southern Brazil. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.35, n.4, p.1599-1607, 2006.

ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. Application of eco-physiological quotients (qCO_2 and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 22, n. 2, p 251-255, 1990.

ANDREOLLA, V. R.M.; MORAES, A. de; BONA FILHO, A.; SANDINI, I.; CARDOSO, D.L.; BONINI, A.K.; MEDRADO, R.D.; RIOS, E.M. Influência do pastejo sobre a densidade do solo de um Latossolo Bruno em um sistema de integração lavoura-pecuária. In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2009, Juazeiro-BA/Petrolina-PE. **Anais**. CD-ROM. Jaboticabal: SBEA, 2009.

ASHAGRIE, Y.; ZECH, W.; GUGGENBERGER, G.; MAMO, T. Soil aggregation and total and particulate organic matter following conversion of native forests to continuous cultivation in Ethiopia. **Soil and Tillage Research.**, v. 94, p.101-108, 2007.

ASSMANN, A.L.; PELISSARI, A.; MORAES, A.; ASSMANN, T.S.; OLIVEIRA, E.B.; SANDINI, I. Produção de Gado de Corte e Acúmulo de Matéria Seca em Sistema de Integração Lavoura-Pecuária em Presença e Ausência de Trevo Branco e Nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.1, p.37-44, 2004.

ASSMANN, T.S.; ASSMANN, A.L.; SOARES, A.B.; CASSOL, L.C.; LUSTOSA, S.B.C. **Experiências em integração lavoura-pecuária em propriedades familiares no estado do Paraná**. CR-ROM. Simpósio Internacional em Integração Lavoura-Pecuária, Curitiba-PR, 2007.

ASSMANN, T.S.; RONZELLI JÚNIOR, P.; MORAES, A.; ASSMANN, A.L.; KOEHLER, H.S.; SANDINI, I. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.4, p.675-683, 2003.

BALBINOT JR., A. A. MORAES, A.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. VEIGA, M. Formas de uso do solo no inverno e sua relação com a infestação de plantas daninhas em milho (*Zea mays*) cultivado em sucessão. **Planta Daninha**, v.26, n.3, p.569-576, 2008.

BALBINOT, A. Jr. **Uso do solo no inverno: Propriedades do solo, incidência de plantas daninhas e desempenho da cultura do milho**. Curitiba. 2007. 160 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p. 641-650, 1998.

BASTOS, R.S.; MENDONÇA, E.S.; ALVAREZ V.H.; CORRÊA, M.M. Formação e estabilização de agregados do solo decorrentes da adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p.11-20, 2005.

BAYER, C., MIELNICZUK, J., AMADO, T.J.C., MARTIN-NETO, L., FERNANDES, S.V., Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v.54, p. 101–109, 2000.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A.; DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil and Tillage Research**, v.86, p. 237–245, 2006.

BAYER, C.; MIELNICZUCK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.de A.; SILVA, L.S. da; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. Porto Alegre: Metropole, 2008, p.7-18.

BONA FILHO, A.; PELISSARI, A. Integração lavoura-pecuária com a cultura do feijoeiro e pastagem de inverno, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Scientia Agraria**, v.4, n.1-2, p.81-96, 2003.

BOCHNER, J.K.; FERNANDES, M.M; PEREIRA, M.G.; BALIEIRO, F. DE C.; SANTANA, I.K. DA S. Matéria orgânica e agregação de um planossolo sob diferentes coberturas florestais. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 1, p. 46-53, jan./mar. 2008.

BRANDÃO-JÚNIOR, O.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; ESPÍNDOLA, C.R. Comparação entre os métodos de fumigação-extração e fumigação-incubação para determinação do carbono da biomassa microbiana em um latossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.1911-1919, 2008.

CALONEGO, J.C.; ROSOLEM, C.A. Estabilidade de agregados do solo após manejo com rotações de culturas e escarificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 1399-1407, 2008

CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOT, E.T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of American Journal**, madison, v.56, p.777-783, 1992.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de latossolos roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 14:99-105, 1990.

CASSOL, L.C. **Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária m semeadura direta com calcário na superfície**. Porto Alegre, 2003. 114p. Tese de Doutorado em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CASTRO-FILHO, C. LOURENÇO, A.; GUIMARÃES, M. DE F.; FONSECA, I.C.B. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Paraná, Brasil. **Soil and Tillage Research**. 65, 45-51, 2002.

CATTELAN, A.J.; VIDOR, C. Sistemas de culturas e a população microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, p. 125-132, 1990.

CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T.J.C.; 2005; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.5, 2005.

COSTA, F. S. de; ZANATTA, J.A.; BAYER, C. Emissões de gases de efeito estufa em agroecossistemas e potencial de mitigação. In: SANTOS, G.de A.; SILVA, L.S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. Porto Alegre: Metropole, 2008, p.545-559.

COSTA, F.S. de; BAYER, C.; ZANATTA, J.A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.323-332, 2008.

COSTA, F. S. de; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J.A.; FONTOURA, S.M.V. Aumento de matéria orgânica num latossolo Bruno em plantio direto. **Ciência Rural**, v.34, n.2, p.587-589, mar-abr, 2004.

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O. & CARNEIRO, M.A.C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 26:913-923, 2002.

DIECKOW, J., MIELNICZUK, J., KNICKER, H., BAYER, C., DICK, D.P., KÖGEL-KNABNER, I. Soil C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen fertilization in a southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 years. **Soil and Tillage Research**, v. 81, p.87-95, 2005

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, Soil Science Society of America, n. 35, p.3 -22. 1994.

ESPINDOLA, J.A.A; ALMEIDA, D.L. de; GUERRA, J.G.M.; SILVA, E.M.R.da. Nitrato e amônio de solo coberto com *Paspalum notatum* em um agroecossistema. **Floresta e Ambiente** V. 8, n.1, p.104 -113, jan./dez., 2001.

FERREIRA, F.P.; AZEVEDO, A.C. DE; DALMOLIN, R.S.D. E GIRELLI D. Carbono orgânico, óxidos de ferro e distribuição de agregados em dois solos derivados de basalto no Rio Grande do Sul-Brasil. **Ciência Rural**, V.37, n.2, mar-abr, 2007.

FÖRSTER, B.; MUROYA, K.; GARCIA, M. Plant Growth and microbial activity in a tropical soil amended with faecal pellets from millipedes and woodlice. **Pedobiologia** 50 (2006) 281-290.

FRANZLUEBBERS, A.J.; STUEDEMANN, J.A. Early response of soil organic fractions to tillage and integrated crop–livestock production. **Soil Science Society of American Journal**, v.72, n.3, may–june, p. 613-625, 2008

FREIXO, A.A.; MACHADO, P.L.O.A.; GUIMARÃES, C.M.; SILVA, C.A. & FADIGAS, F.S. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. V. 26, p. 425-434, 2002.

FRIGHETTO, R.T.S.; VALARINI, P.J. Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo. **Manual Técnico**. EMBRAPA. 2005

GRISE, M.M. **Partição da biomassa e de nutrientes na pastagem de Bahiagrass cv. Pensacola em diferentes sistemas de manejo com novilhos**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2005. 138p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias-UFPR, 2005.

HEINEMEYER, O.; INSAM, H.; KAISER, E.A.; WALENZIK, G. Soil microbial biomass and respiration measurements: An automated technique based on infra-red gas analysis. **Plant and Soil** 116, 191-195. 1989.

HENRY, F.; NGUYEN, C.; PATERSON, E.; SIM, A.; ROBIN, C. How does nitrogen availability alter rhizodeposition in *Lolium multiflorum* Lam. during vegetative growth? **Plant and Soil**, Volume 269, Numbers 1-2, February 2005, pp. 181-191(11)

JENKINSON, D.S.; LADD, J.N. **Microbial biomass in soil. Measurement and turnover**. In: PAUL, E.A.; LADD, J.N. (Ed.). Soil Biochemistry. New York: Dekker, 1981. p.415-471.

KANDA K, MIRANDA CHB, MACEDO MCM. Carbon and nitrogen mineralization in soils under agro-pastoral systems in subtropical Central Brazil. **Soil Science and Plant Nutrition** 48 (2): 179-184 Apr 2002

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L.H.C. dos; SILVA, E.M.R. da. Carbono e frações granulométricas da matéria orgânica do solo sob sistemas de produção orgânica. *Ciência Rural*, Santa Maria *online*, 2008.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.175-187, 2004.

LUNARDI et al. Rendimento de soja em sistema de integração lavoura-pecuária: efeito de métodos e intensidades de pastejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, p.795-801, 2008.

MANNA, M.C.; SWARUP, A.; WANJARI, R.H.; RAVANKAR, H.N.; MISHRA, B.; SAHA, M.N.; SINGH, Y.V.; SAHID ,D.K.; SARAP, P.A. Long-term effect of fertilizer and manure application on soil organic carbon storage, soil quality and yield sustainability under sub-humid and semi-arid tropical India. **Field Crops Research** v. 93, p. 264–280, 2005.

MERCANTE, F. Os microrganismos do solo e a dinâmica da matéria orgânica em sistemas de produção de grãos e pastagem. Dourados: EMBRAPA Agropecuária Oeste, 2001. 14p. (Coleção Sistema Plantio Direto, 5).

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.de A.; SILVA, L.S. da; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole, 2008, p.1-5.

MONTEIRO, A.L.G.; MORAES, A.; CARVALHO P.C.F. Caracterização dos sistemas integrados de agricultura-pecuária, p. 13-43. In: MORAES, A.; CARVALHO P.C.F.; SILVA, H.A.; JANSSEN, H.P. (Eds) **Produção de leite em sistemas integrados de agricultura-pecuária**. Curitiba: EMATER, 2008. 88p.

MONTEIRO, F.A.; WERNER, J.C. Reciclagem de nutrientes nas pastagens. In: **Anais do 14º Simpósio sobre Manejo da Pastagem**. PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Eds). FEALQ. Piracicaba-SP, p. 55-81, 1997.

MORAES, A. et al. Sistemas de integração lavoura-pecuária no Sub-tropico da América do Sul: Exemplos do Sul do Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, 2007, Curitiba. **Anais**. Curitiba: UFPR, 2007. CD-ROM.

MORAES, A.; CARVALHO P.C.F.; SILVA, H.A.; JANSSEN, H.P. (Eds) **Produção de leite em sistemas integrados de agricultura-pecuária**. Curitiba: EMATER, 2008. 88p.

MOREIRA, F.M.S. E SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**. 2ª ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.

NEVES, C. S. V. J.; FELLER, C.; KOUAKOUA, E. Efeito do manejo do solo e da matéria orgânica solúvel em água quente na estabilidade de agregados de um latossolo argiloso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1410-1415, 2006.

NICOLOSO, R.S.; LOVATO, T.; AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; LANZANOVA, M.E. Balanço do carbono orgânico no solo sob integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2425-2433, 2008.

PAGLIAI, M.; VIGNOZZI, N.; PELLEGRINI, S. Soil structure and the effect of management practices. **Soil and Tillage Research**, v. 79, p.131–143, 2004.

PARKIN, T.B.; DORAN, J.W. & FRANCO-VIZCAÍNO, E. Field and laboratory tests of soil respiration. In: DORAN, J.W. & JONES, A., eds. **Methods for assessing soil quality**. Madison, Soil Science Society of America, 1996. p.231-245.

PEIXOTO, R.S.; COUTINHO, H.L.C.; MADARI, B.; MACHADO, P.L.O.A.; RUMJANEK, N.G.; VAN ELSAS, J.D.; SELDIN, L. ROSADO, A.S. Soil aggregation and bacterial community structure as affected by tillage and cover cropping in the Brazilian Cerrados. **Soil and Tillage Research**, v. 90, p.16–28, 2006.

PINHEIRO, E. F. M.; PEREIRA, M. G., L. H.; ANJOS, C.; MACHADO, P. L. O. A. Fracionamento densimétrico da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo e cobertura vegetal em paty do alferes (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.731-737, 2004.

POWLSON, D.S.; BROOKES, P.C.; CHRISTENSEN, B.T. Measurement of soil microbial biomass provides an indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v.19, n.2, p.159-164, 1987.

REICHERT et al. Agregação de um Planossolo sistematizado há um ano e sob cultivo de arroz irrigado. **Ciência Rural**, v.36, n. 3, maio-junho, 2006.

ROSCOE, R. & MACHADO, P.L.O.A. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2002. 86p.

SALTON, J.C. **Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura pastagem em ambiente tropical**. Tese de Doutorado. Programa de pós-graduação em ciência do solo, faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. 158 p.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P.C.; FABRÍCIO, A.C.; MACEDO, M.C.M.; BROCH, D.L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p. 11-21, 2008.

SANDINI, I. E.; MORAES, A.; PELISSARI, A.; LUSTOSA, S.B.C.; NEUMANN, M.; RIOS, E.M.; ANDREOLLA, V.R.M. cultura do feijoeiro e nitrogênio: alternativas para o sistema de produção integração lavoura-pecuária. In: **Fertbio**, 2008, Londrina. Desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental, 2008.

SCAPINI, C.A.; BOENI, M.; REINERT, D.J.; RESTLE, J.; BUENO, M.B.; FONTINELLI, F. Efeito do pisoteio animal, no terceiro ano consecutivo, sobre algumas propriedades físicas do solo e produtividade do milho em solo sob plantio direto e convencional. Resumo expandido. In: XXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Rio de Janeiro, 1997. 5p. **Anais** (CD-ROM).

SCHLOSSER, J.F.; BERTOL, O.J.; SOUZA FILHO, E.G.; MEZZOMO, C.P.L. influencia da velocidade de aração no diâmetro médio geométrico dos agregados. **Agropecuária Técnica**, v. 21, n.1/2, 2000.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p. 113-117, 1997a.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p. 313-319, 1997b.

SILVA, J. E. da; RESCK, D.V.S. **Matéria Orgânica do solo**. In: Biologia dos solos dos cerrados. Vargas, M.A.T.; Hungria, M., ed. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. p.467 - 524

SILVA, M.B.; KLIEMANN, H.J.; SILVEIRA, P.M.; LANNA, A.C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.12, p.1755-1761, dez. 2007.

SILVA, M.L.N.; CURI, N.; BLANCANEAUX, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de latossolo roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.12, p. 2485-2492, 2000.

SILVA, R.R. DA; SILVA, M.L.N.; FERREIRA, M.M. Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na bacia do alto do Rio Grande MG. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 719-730, 2005.

SILVEIRA, E.R. **População de artrópodos e produtividade de milho em sistema de integração lavoura-pecuária**. Curitiba. 2007. 62f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SIX, J.; FELLER, C.; DENEFF, K.; OGLE, S.M.; SÁ, J.C.M.; ALBRECHT, A. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils; effect of no-tillage. **Agronomie**, v.22, p.755-775, 2002.

SMITH, J.L.; PAUL, E.A. The significance of soil microbial biomass estimations. In: BOLLAG, J.M.; STOTZKY, G. (Ed). **Soil Biochemistry**. New York: Marcel Dekker, v.6, p.357-395, 1990.

SOARES, J.L.N.; ESPÍNDOLA, C.R.; DE CASTRO, S.S. Alteração física e morfológica em solos cultivados sob sistema tradicional de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 1005-1014, 2005.

SOUZA, E.D. de; COSTA, S.E.V.G. de A.; LIMA, C.V.S. de; ANGHINONI, I.; MEURER, E.J.; CARVALHO, P.C. de F. Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistema de integração agricultura-pecuária submetido a diferentes intensidades de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1273-1282, 2008.

STUDDERT GA, ECHEVERRIA HE, CASANOVAS EM. Crop-pasture rotation for sustaining the quality and productivity of a typical Argiudoll. **Soil Science Society of America Journal** 61 (5): 1466-1472 Sep-Oct 1997

TISDALL, J.M. & OADES, L.M. Organic matter and water-stable aggregates in soil. **Journal of Soil Science**, 33:141-163, 1982.

VARGAS, L.K.; SELBACH, P.A.; SÁ, E.L.S de. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.1, p.76-83, jan-fev, 2005.

VIEIRA, F.C.B.; BAYER, C., ZANATTA, J.A.; DIECKOW, J., MIELNICZUK, J.; HE, Z.L. Carbon management index based on physical fractionation of soil organic matter in an Acrisol under long-term no-till cropping systems. **Soil and Tillage Research**, v. 96, p.195–204, 2007.

VOLK, L.B. DA S.; COGO, N.P. Inter-relação biomassa vegetal subterrânea-estabilidade de agregados-erosão hídrica em solo submetido a diferentes formas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1713-1722, 2008.

XAVIER, F.A.S.; MAIA, S.M.F.; OLIVEIRA, T.S.; MENDONÇA, E.S. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na chapada da Ibiapaba – CE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p. 247-258, 2006.

ZINN, W.L.; LAL, R.; BIGHAM, J.M.; RESCK, D.V.S. Edaphic controls on soil organic carbon retention in the Brazilian cerrado: soil structure. **Soil Science Society of American Journal**, v.71, n.4, p.1215-1224, 2007.

3. ESTUDO I

DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS CULTURAIS DE AZEVÉM COM E SEM PASTEJO E LIBERAÇÃO DE NITROGÊNIO DURANTE O CICLO DO FEIJÃO

RESUMO

A dinâmica de decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais provenientes de azevém sob doses crescentes de nitrogênio, com e sem pastejo, foi avaliada durante o cultivo do feijão, em um experimento realizado em condições de campo. Para monitorar o processo de decomposição, o material vegetal seco ao ar, foi colocado em bolsas de nylon de 0,2 x 0,2 m com malha de 1,0 mm, as quais foram deixadas na superfície do solo após a emergência do feijão e recolhidas aos 18, 32, 46 e 68 dias após a emergência (DAE). Nos materiais coletados, avaliaram-se as quantidades remanescentes de matéria seca (MS) e as concentrações de carbono (C), nitrogênio (N), fibra detergente ácida (FDA) e fibra detergente neutra (FDN). Aos valores obtidos foram ajustados modelos exponenciais duplos e calculadas a meia vida de cada resíduo. O efeito das doses de nitrogênio na produção de massa seca foi linear independentemente do pastejo. Os resíduos do azevém pastejado apresentaram menores teores de C, FDA e FDN e menor relação C/N o que aumentou a biomassa e a atividade microbiana nos resíduos, reduzindo em média 41 dias o tempo de meia vida dos resíduos de azevém. Os resíduos culturais de azevém não pastejado apresentam maior persistência no solo e, para as doses maiores de N, liberaram maiores quantidades de N do que os pastejados, porém para as doses menores de N a liberação de N dos resíduos foi maior nas áreas com pastejo. Não houve sincronia entre a mineralização do N da fitomassa aérea residual e as exigências da cultura do feijoeiro. Aos 68 DAE ainda restavam 55 % e 66% do N retidos na fitomassa do azevém com e sem pastejo.

Palavras-chave: integração lavoura-pecuária, mineralização, pastagem.

CROP RESIDUES DECOMPOSITION OF RYEGRASS UNDER GRAZING AND NITROGEN RELEASE DURING COMMON BEAN CYCLE

ABSTRACT

The dynamic decomposition and nitrogen release from crop residues from ryegrass under increasing nitrogen doses, with and without grazing, was evaluated during the beans cultivation on an experiment conducted under field conditions. In order to monitor the decomposing process, dry vegetable material was placed in nylon bags of 0.2 x 0.2 m with a 1.0 mm mesh, which were left on the soil surface after beans emergence (DAE) and collected at 18, 32, 46 and 68 DAE. On the collected material was evaluated the remaining dry matter quantities (DM) and carbon (C), nitrogen (N), acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF) concentration. To the values obtained were fitted double exponential models and calculated the half life of each residue. The nitrogen levels effect in the dry mass production was linear grazing regardless the grazing. The ryegrass grazing residues shown lower levels of C, ADF and NDF and lower relation of C/N that has stimulated microbial activity and phytomass, which decreased by 41 days the half-life ryegrass on average. The ryegrass grazing residues not show greater persistence in the soil and to the highest N doses, released N larger amounts than grazing, but for the N lowers doses release of N from residues was higher in areas with grazing. The acquired data suggest that there was no synchrony between the N mineralization from aerial phytomass and the bean culture requirements, because the 68 DAE still left 55% and 66% of the N retained in the ryegrass phytomass with and without grazing.

Key words: integration crop livestock, mineralization, pasture

INTRODUÇÃO

O sistema de integração lavoura-pecuária caracteriza-se pela rotação, em uma mesma área, das atividades de pastejo e produção de grãos (NICOLOSO et al., 2006). Para esse sistema recomenda-se a adubação da pastagem e o manejo dos animais que possibilitem produção de biomassa vegetal suficiente para o plantio direto das culturas comerciais em sucessão (MORAES et al., 2000).

A adubação nitrogenada da pastagem e o pastejo no inverno melhoram o rendimento das culturas de verão porque disponibilizam nutrientes de forma mais rápida, devido aos excrementos animais e à mineralização mais rápida da fitomassa residual (LUSTOSA, 1998; ASSMANN et al., 2003; LANG et al., 2004).

A maior velocidade de mineralização pode ser explicada pelas modificações morfofisiológicas impostas pelo pastejo às gramíneas (SEANMARTIN et al., 2006), o que resulta em menores relações colmo/folha e carbono/nitrogênio (C/N) da gramínea pastejada (LANG et al., 2004). Estas mudanças na composição da fitomassa podem provocar alterações na taxa de decomposição dos resíduos culturais, uma vez que esse processo é controlado por diversos atributos intrínsecos aos resíduos como, por exemplo, as concentrações de nitrogênio (N), lignina, polifenóis, além das relações C/N, lignina/N e lignina + polifenóis/N (REINERTSEN et al., 1984; TRINSOUTROT et al., 2000).

Os nutrientes liberados durante a decomposição podem ser transformados pela biomassa microbiana, imobilizados, perdidos por lixiviação e volatilização e/ou reciclados na própria pastagem. Com a decomposição da fitomassa residual da pastagem, parte destes nutrientes pode beneficiar a cultura em sucessão.

A sincronia entre as várias etapas do processo de decomposição e de desenvolvimento da cultura em sucessão à pastagem deve ser avaliada nas rotações em sistemas de integração lavoura-pecuária, como suporte para o manejo adequado das adubações no sistema, pois perdas de nitrogênio geram elevado custo econômico e ambiental. A sincronia entre a liberação de N dos resíduos culturais da pastagem e a demanda em nitrogênio pelo milho em sucessão foram observadas por ASSMANN et al. (2003) e LANG et al. (2004).

Na região centro-sul do Paraná, o cultivo do feijão no verão permite prolongar o tempo de pastejo e o ganho da produção animal no inverno, porém o

ciclo mais curto do feijão pode prejudicar a sincronia entre a mineralização e o aproveitamento do nitrogênio residual da pastagem pela cultura.

Por outro lado, a elevada taxa de decomposição dos resíduos pastejados, também pode contribuir para diminuir a sua eficiência na manutenção da umidade e na proteção do solo contra a erosão (DERPSCH et al., 1985).

Além disso, a quantidade menor de fitomassa residual da gramínea pastejada pode afetar os estoques de carbono do solo. COSTA et al. (2004), em estudos realizados em Guarapuava-PR, mostraram que para um incremento acumulado de $3,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ de carbono orgânico total após 11 anos de plantio direto foram necessárias uma quantidade média de $5,6 \text{ Mg}$ de fitomassa $\text{ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Ainda são escassas informações obtidas em condições de campo relativas ao estudo da dinâmica de decomposição e de liberação de N dos resíduos culturais de pastagens anuais rotacionadas com a cultura do feijão. O conhecimento desses processos é fundamental para que as pastagens de inverno possam ser eficientemente introduzidas no sistema de produção de grãos, de forma a compatibilizar a máxima persistência dos resíduos culturais na superfície do solo com o fornecimento adequado de nitrogênio ao feijão.

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do pastejo e da adubação nitrogenada em azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) sobre as características da fitomassa aérea residual e sobre a dinâmica de decomposição e de liberação de N desses resíduos durante o ciclo do feijão cultivado em sucessão à pastagem.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área experimental

O trabalho foi baseado em um experimento de campo instalado em junho de 2006, em área localizada no campus da Universidade Estadual do Centro-Oeste-UNICENTRO, em Guarapuava (PR). A área experimental foi utilizada para produção de soja em sistema de plantio direto no ano de 2004, e para produção de milho para silagem no verão de 2005/2006, após pousio no inverno. Em junho de 2006 foi instalado o sistema de integração lavoura-pecuária, em cujos experimentos foram realizadas as amostragens e as análises deste trabalho.

A área experimental localiza-se na região fisiográfica denominada Terceiro Planalto Paranaense, entre as coordenadas de 25° 33' latitude Sul e 51° 29' longitude Oeste e tem altitude média de 1.095 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfb (MAAK, 1968). A precipitação anual varia de 1.400 a 1.800 mm e os meses de abril e maio são os mais secos (IAPAR, 1994). Os dados de precipitação pluviométrica e da temperatura do ar e do solo coberto com palha foram obtidos em uma estação climatológica situada ao lado da área experimental e constam nas FIGURAS 1 e 2.

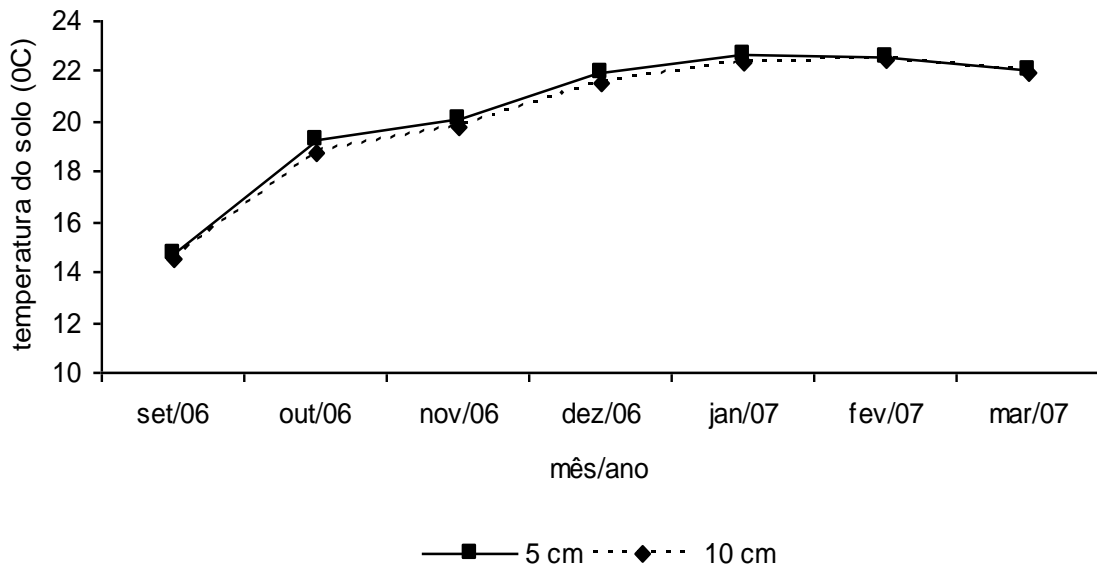


FIGURA 1 - Temperatura do solo coberto com palha durante o período experimental nas profundidades de 5 e de 10 cm

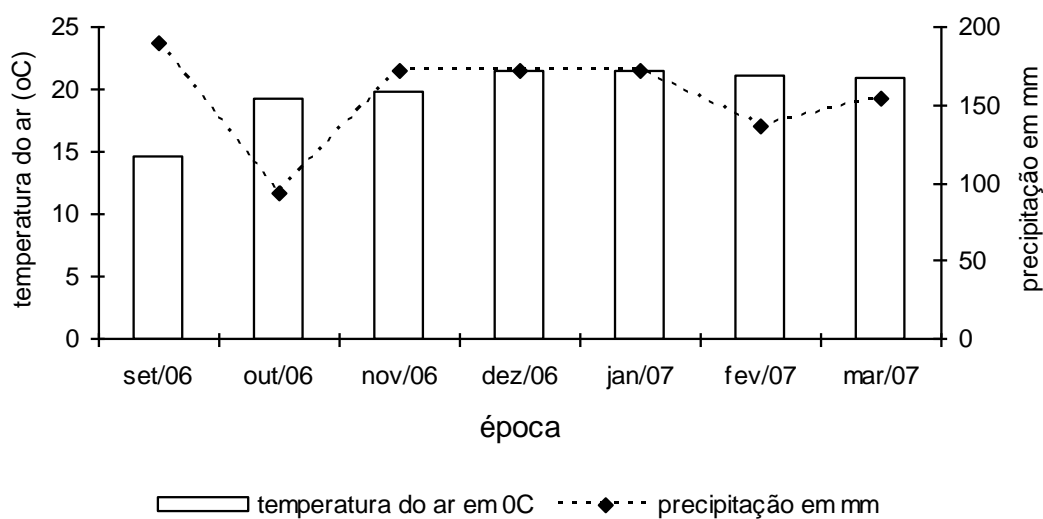


FIGURA 2 - Precipitação e temperatura média do ar durante o período experimental (mês/ano), em Guarapuava, PR.

O solo é classificado como Latossolo Bruno Distroférico típico, relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2006). As características físicas e químicas do solo no período experimental constam nas TABELAS 1 e 2.

TABELA 1. Caracterização da granulometria do solo (g kg^{-1}).

camadas	areia	silte	argila
0-5	80	306	614
5-10	70	316	613

TABELA 2 – Valores médios de pH em CaCl_2 , P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, CTC e V, nas profundidades de 0-5 e 5-10, em Guarapuava (PR).

Ano	Prof. (cm)	pH (CaCl_2)	mg/dm ³		Complexo Sortivo (cmol.dm^{-3})				pH 7,0	V (%)
			P	K	Ca	Mg	Al	H+Al		
2006	0 a 5	5,2	5,8	0,49	5,03	2,85	0,00	5,18	13,55	61,81
	5 a 10	5,2	2,9	0,23	4,62	2,90	0,00	5,01	12,77	60,70

Fonte: SANDINI, et al. (2008)

Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com três repetições. Os tratamentos foram doses de nitrogênio na

forma de uréia, nas quantidades equivalentes de 0, 75, 150 e 225 kg N ha⁻¹ aplicadas na pastagem de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), com e sem pastejo por ovinos. O tamanho das parcelas avaliadas no experimento era de 96 m² durante o pastejo e de 14 m² durante a cultura do feijão.

Manejo da pastagem e do feijoeiro

A semeadura do azevém foi efetuada no dia 11 de junho de 2006. Foram aplicados 0 kg ha⁻¹ de N, 62,5 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 62,5 kg ha⁻¹ de K₂O como adubação de base e, 21 dias após a emergência (DAE), foi aplicado o nitrogênio, em dose única, conforme os tratamentos.

O pastejo foi iniciado no dia 26 de agosto, prolongando-se até o dia 15 de novembro, totalizando 81 dias de pastejo. O método de pastejo utilizado foi o de lotação contínua. A altura da pastagem foi mantida em 14 cm usando carga animal variável. Os animais foram retirados 19 dias antes da dessecação da pastagem, em 04/12/06, que foi realizada com 2,5 l ha⁻¹ de glifosate.

No dia 11/12/06 efetuou-se a semeadura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar FT soberano. O fósforo foi aplicado na base, na dosagem de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, sendo a fonte o superfosfato triplo. O potássio foi aplicado em cobertura, nos dias 10/12/06 e 08/01/07, nas quantidades de 100 e 90 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente, sendo a fonte o cloreto de potássio. O nitrogênio, na dosagem de 180 kg ha⁻¹, foi aplicado parcelado sendo 1/3 da dose na base e 2/3 em cobertura (03/01/07), sendo a fonte utilizada uréia. As plantas daninhas, pragas e doenças foram controladas durante todo o ciclo da cultura. A colheita do feijão ocorreu no dia 10/03/2007 e os resultados de produção de grãos constam em SANDINI et al. (2008).

Determinações quantitativas e qualitativas da matéria seca residual da pastagem e dinâmica de decomposição

A matéria seca residual da pastagem foi determinada 21 dias após a saída dos animais por meio de corte da parte aérea, rente ao solo, em duas áreas representativas de 0.25 m². Após secagem a 65°C até peso constante, determinou-se o peso da matéria seca e a conversão para um hectare.

Para avaliar a dinâmica de decomposição dos resíduos da pastagem, foram confeccionados 576 sacos de nylon (*litter bags*). Após a saída dos animais da área experimental, foram coletados 500 g de azevém de cada subparcela. Após secagem a 65°C em estufa de ventilação forçada, a palha seca foi cortada em pedaços de 10 cm e colocada em sacos de nylon de 1 mm de malha e dimensão de 20 x 20 cm. Foram 15 g de palha seca por saco de nylon. Os sacos de nylon (*litter bags*) foram fechados e etiquetados.

Após a germinação do feijão, em 16/12/2006, foram distribuídos 24 *litter bags* por subparcela. Os *litter bags* foram colocados entre o solo e a palhada de azevém restante, na mesma subparcela onde a palhada para a confecção dos *litter bags* foi coletada. Foram coletados aleatoriamente 4 *litter bags* por subparcela, a cada 15 dias, durante o ciclo do feijão, completando 6 épocas de amostragem.

Após a coleta no campo, retirou-se o solo aderido aos *litter bags* e o material vegetal contido em cada *litter bag* foi seco em estufa com circulação forçada de ar, a 65°C até peso constante, para a estimativa do percentual de matéria seca (%MS).

Para a análise bromatológica da matéria seca utilizada nos *litter bags*, a amostra seca em estufa foi moída até granulometria de 1 mm. As determinações para fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN) foram realizadas em um aparelho NIRS (Near Infrared Reflectance Spectra) do Laboratório de Nutrição da Universidade Federal do Paraná-UFPR. Os teores de carbono e nitrogênio na matéria seca foram analisados por combustão seca em um Analisador Vario EL III Elementar, no laboratório de Biogeoquímica do Departamento de Solos da UFPR.

A taxa de decomposição da matéria seca foi estimada conforme a perda de peso por unidade de tempo e os dados foram ajustados ao modelo exponencial duplo descrito por BADRE et al (1998):

$$MSR = 100.\exp(a.t^2 + b.t)$$

Onde: *MSR* – matéria seca remanescente no *i*-ésimo dia, em percentagem; *a* – constante de decomposição da *MS* do compartimento mais facilmente decomponível; *b* – constante de decomposição da *MS* do compartimento mais recalcitrante; *t* – tempo decorrido após a colocação dos *litter bags* no campo, em dias.

A meia vida da matéria seca residual (*MSR*) corresponde ao tempo necessário para que 50% da *MSR* se decomponha. A meia vida em dias, para cada

resíduo, foi calculada resolvendo-se o modelo para cada tratamento. O mesmo modelo descrito acima foi utilizado para descrever a percentagem de C, N, FDA e FDN remanescentes nos resíduos. A liberação acumulada de N em cada tratamento durante o período de avaliação, foi estimada conforme descrito por AITA et al (2003), multiplicando-se a porcentagem de liberação do nutriente em cada coleta, obtida por meio do modelo, pelo teor inicial de N contido na matéria seca total.

Avaliações microbiológicas nos resíduos da pastagem

Para as avaliações microbiológicas do resíduo, utilizou-se a palha coletada aos 18 DAE do feijão. A biomassa microbiana (BM) da palhada, em cada subparcela, foi avaliada por infravermelho (BM). A atividade microbiana, representada aqui pela respiração basal (RB) foi avaliada com a palhada úmida. As amostras de palha, de peso equivalente a 30 g de matéria seca, foram colocadas em um analisador de CO₂ por infravermelho (IRGA), no Laboratório de Biogeoquímica da UFPR; esses dados foram obtidos de acordo com HEINEMEYER et al (1989).

Os dados coletados foram submetidos à análise da variância, e a comparação das médias dos tratamentos foi realizada pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5% ou 1%, utilizando-se o aplicativo SANEST (ZONTA, 1984). Os fatores quantitativos foram submetidos às análises de regressão utilizando-se o aplicativo STATISTICA (STATSOFT, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quantidade de fitomassa aérea residual de azevém

A quantidade de fitomassa aérea residual de azevém foi significativamente superior nas subparcelas sem pastejo, as quais também apresentaram maior quantidade de nitrogênio total disponível na massa seca por hectare (TABELA 3).

Apesar da redução média de 51% na quantidade de resíduos vegetais na superfície do solo, as quantidades remanescentes nas subparcelas com pastejo adubadas, variaram de 3100 a 4300 kg ha⁻¹. Levando em consideração apenas a produtividade obtida pela cultura em sucessão à pastagem, ASSMAN et al. (2003)

consideraram que quantidades acima de 2000 kg ha⁻¹ são suficientes para o plantio direto em sistema de integração lavoura-pecuária.

O efeito das doses de nitrogênio na produção de massa seca foi linear independentemente do pastejo (FIGURA 3).

TABELA 3 - Matéria seca (MS) em Mg ha⁻¹ e quantidade de nitrogênio (N) na MS em kg ha⁻¹, teores de carbono (C), nitrogênio (N) e relação C/N, fibra detergente ácida (FDA) e fibra detergente neutra (FDN), da fitomassa aérea residual de azevém, com e sem pastejo. Guarapuava – PR 2006/2007.

	Sem pastejo	Com pastejo	CV%	DMS
Mg MS ha ⁻¹	6,5 a*	3,2 b	8,38	0,60
kg N ha ⁻¹	78,72 a*	50,47 b	23,9	23,3
% C	42 a**	40 b	3,34	1,37
% N	1,15 b	1,54 a*	16,7	0,34
C/N	41 a*	27 b	17,3	8,92
% FDA	47,94 a*	38,85 b	6,02	3,95
% FDN	74,54 a*	62,09 b	6,84	7,07

Médias na linha, seguidas por letras minúsculas diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey a P ≤ 0,01 (*) e P ≤ 0,05 (**)

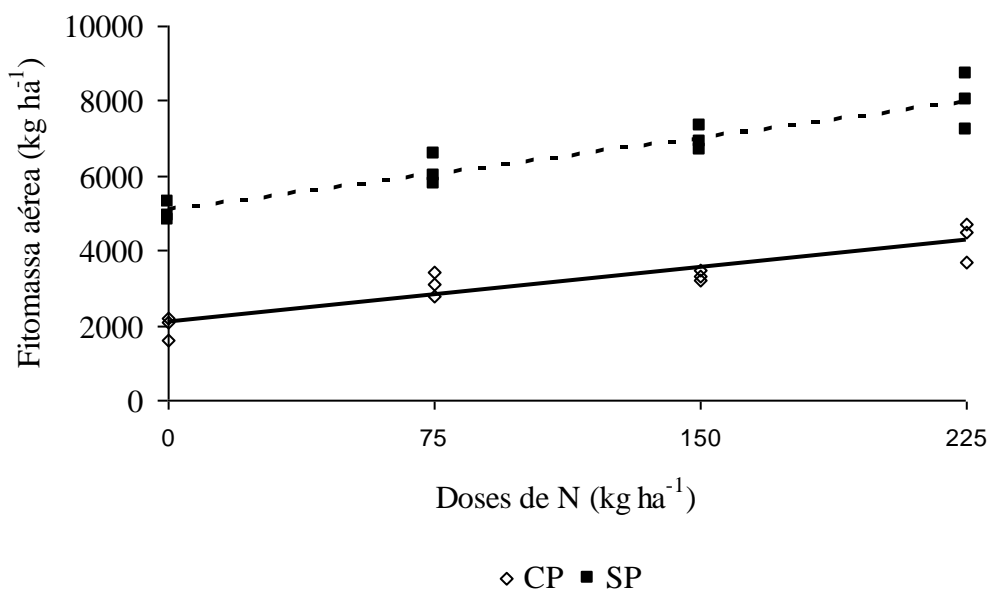


FIGURA 3 - Quantidade em kg ha⁻¹, de fitomassa aérea seca residual do azevém cultivado sob doses crescentes de N, em subparcelas com (CP) e sem pastejo (SP). (— CP) $y = 2090 + 9,64 x$; $R^2 = 0,84$ e (- - - SP) $y = 5057 + 12,98x$; $R^2 = 0,88$.

Qualidade inicial dos resíduos

Não houve efeito significativo da adubação nitrogenada sobre os teores de C, N e relação C/N dos resíduos de azevém pastejado. Porém, nessas subparcelas

a fitomassa aérea residual de azevém apresentou a maior percentagem de nitrogênio (TABELA 3) devido ao perfilhamento e emissão de novas folhas estimulada pelo pastejo.

Por outro lado sem o efeito animal, a fitomassa aérea residual de azevém apresentou a maior percentagem de carbono e a maior relação C/N (TABELA 3). Além disso, houve efeito significativo das doses de nitrogênio aplicadas na pastagem sobre o teor de C, N e relação C/N na MS dos resíduos de azevém não pastejado (FIGURAS 4, 5 e 6).

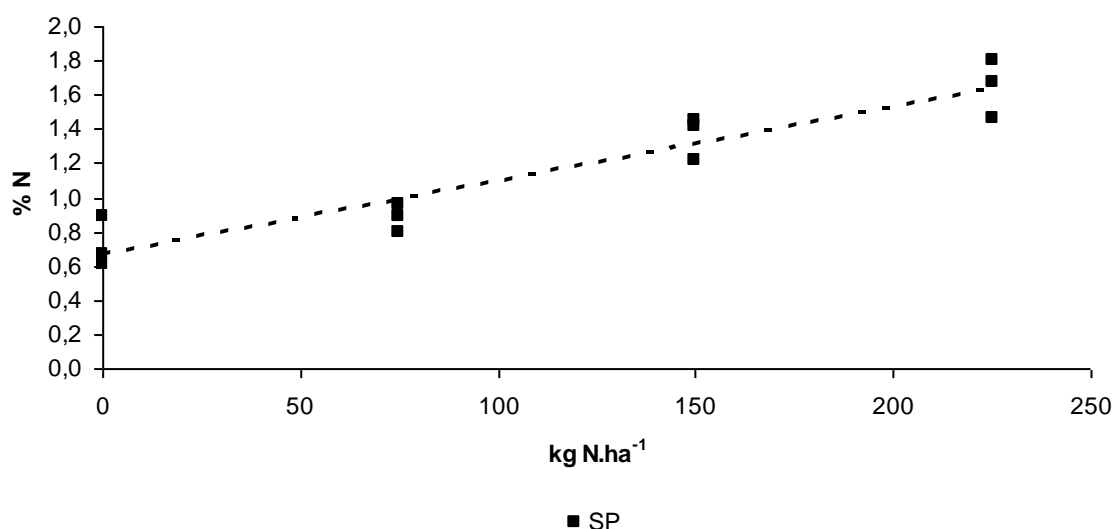


FIGURA 4 - Teor de nitrogênio em percentagem, contido na fitomassa aérea seca residual do azevém cultivado sob doses crescentes de N, em subparcelas sem pastejo. $y = 0,6628 + 0,0043x$; $R^2=0,88$

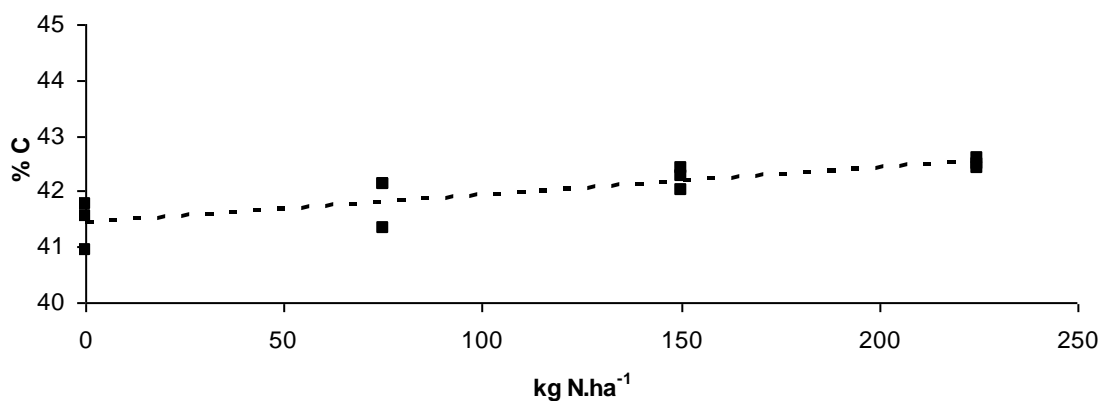


FIGURA 5 - Teor de carbono em percentagem, contido na fitomassa aérea seca

residual do azevém cultivado sob doses crescentes de N, em subparcelas sem pastejo. $y = 41,45 + 0,0049x$; $R^2=0,69$

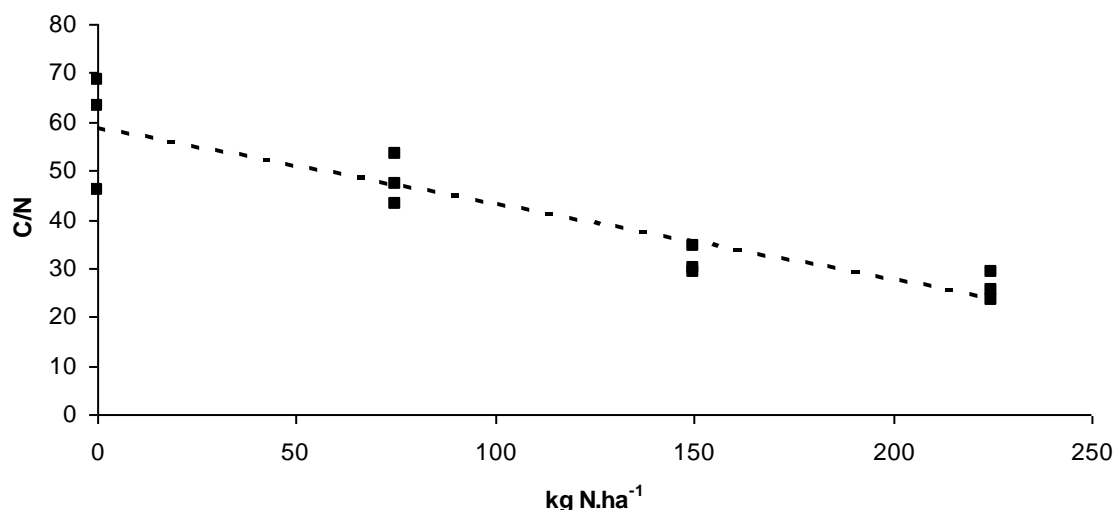


FIGURA 6 - Relação C/N da fitomassa aérea seca residual do azevém cultivado sob doses crescentes de N, em subparcelas sem pastejo. $y = 58,47 - 0,1547x$; $R^2 = 0,82$. Guarapuava – PR 2006/2007.

Não houve efeito das doses de nitrogênio aplicadas na pastagem sobre as variáveis, fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN). Porém a composição bromatológica dos resíduos, apresentada na TABELA 3, permite observar diferenças significativas entre os resíduos das subparcelas com e sem pastejo.

Os maiores teores de C, FDA e FDN e a relação C/N mais elevada nos resíduos do azevém não pastejado, devem-se ao fato de que sem o efeito animal, o azevém completou seu ciclo e encontrava-se em senescência quando da coleta de material para análise. LIMA et al (2001) relacionaram a mudança de estágio fenológico com o espessamento da parede celular e aumento da área de tecido lignificado, que diminuíram a degradabilidade das forrageiras. É possível que tais alterações também tenham afetado a decomposição dos resíduos pelos organismos do solo.

Biomassa e atividade microbiana nos resíduos

As condições climáticas (FIGURAS 1 e 2) e a disponibilidade de carbono e nutrientes durante o período experimental foram favoráveis aos microrganismos do solo e à atividade decompositora, independente dos tratamentos. Maiores níveis de atividade microbiana têm sido relacionados ao aumento da temperatura e da umidade do solo (ESPINDOLA et al., 2001).

No entanto, as alterações na composição química do resíduo justificam as diferenças encontradas para a biomassa microbiana e a respiração basal com relação ao pastejo (TABELA 4).

TABELA 4 - Respiração basal (RB) e biomassa microbiana (BM) por grama de matéria seca de resíduo coletado aos 18 DAE da cultura do feijoeiro. Valores médios em áreas com e sem pastejo. Guarapuava – PR 2006/2007.

Tratamentos	RB ($\mu\text{L h}^{-1} \text{g}^{-1}$)	BM ($\mu\text{L g}^{-1}$)
Sem pastejo	25 b	994 b
Com pastejo	31 a	1192 a

Médias na coluna, seguidas por letras minúsculas diferentes, diferem entre si a $P \leq 0,05$. CV = 17%

Na fase inicial da decomposição, ou seja, aos 18 DAE da cultura do feijoeiro, a biomassa e a atividade microbiana nos resíduos do azevém pastejado foram superiores significativamente, contudo sem efeito das doses de nitrogênio aplicadas na pastagem. A primeira etapa da decomposição não foi afetada pelas doses de nitrogênio, pois microrganismos saprófitas de crescimento rápido decompõem o material solúvel e prontamente disponível em maior quantidade nas subparcelas pastejadas.

Decomposição dos resíduos de azevém

A dinâmica de decomposição dos resíduos de azevém está representada na FIGURA 7 com suas equações apresentadas na TABELA 5.

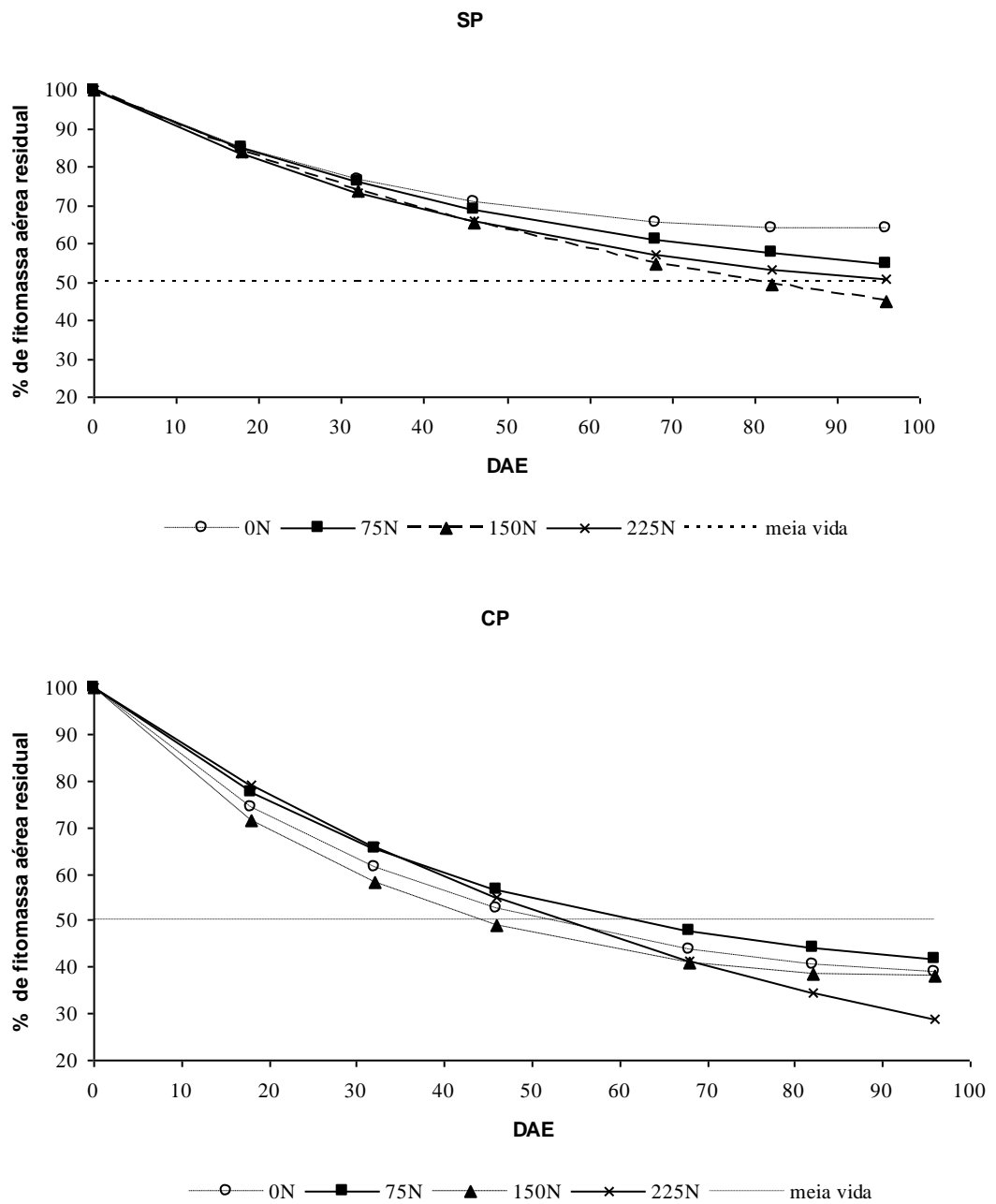


FIGURA 7 – Perda de matéria seca da fitomassa aérea residual de azevém, adubado no inverno com doses crescentes de N, com (CP) e sem pastejo (SP), durante o ciclo do feijão cultivado em sucessão à pastagem. Guarapuava – PR 2006/2007.

TABELA 5 - Decomposição da fitomassa aérea residual: Parâmetros dos modelos de regressão e coeficientes de determinação. Meia vida dos resíduos em dias.

<i>Tratamentos</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>R²</i>	<i>Meia vida</i>
Sem pastejo				
0	0,000058	-0,0102	0,89	----- ⁽¹⁾
75	0,000037	-0,0098	0,82	----- ⁽¹⁾
150	0,000020	-0,0102	0,81	80
225	0,000040	-0,0109	0,82	99
Com pastejo				
0	0,000084	-0,0179	0,90	51
75	0,000065	-0,0153	0,86	61
150	0,000109	-0,0205	0,83	44
225	0,000002	-0,0131	0,79	53

⁽¹⁾ ----- meia vida não foi atingida durante o período de avaliação

Os resultados indicam a maior persistência dos resíduos do azevém não pastejado e as alterações na composição química do resíduo (TABELA 3) justificam as diferenças encontradas.

A matéria seca remanescente do azevém pastejado decompõe-se mais rapidamente em função das alterações morfofisiológicas impostas pelo pastejo às gramíneas. A emissão de novos perfilhos e a redistribuição do nitrogênio na planta, alterou a composição química dos resíduos remanescentes corroborando os trabalhos de SEMMARTIN e GHERSA (2006) e LANG et al., (2004). O pastejo diminuiu a meia vida dos resíduos em média 41 dias para os tratamentos 150 e 225 N (TABELA 5).

Independente do pastejo observa-se o efeito da adubação nitrogenada sobre a dinâmica de decomposição dos resíduos a partir dos 68 DAE. Nessa época, os resíduos de azevém adubado com as doses de 150 e 225 kg N ha⁻¹ se decompõe mais rapidamente (FIGURA 7), devido ao maior teor de nitrogênio e menor relação C/N. Nessa época, os nutrientes inicialmente mineralizados podem ser parcialmente utilizados por uma microbiota especializada em decompor compostos orgânicos mais recalcitrantes.

Os tratamentos 0 e 75 kg N ha⁻¹ apresentaram a maior persistência no solo, porém o modelo utilizado não permite a predição da meia vida para as subparcelas sem pastejo devido ao comportamento da curva, porém sugere um tempo superior a 100 dias (FIGURA 7).

De acordo com os modelos de predição obtidos (FIGURA 7), ainda existiam ao final do ciclo do feijoeiro, 37% e 54% dos resíduos nas áreas com e sem pastejo, respectivamente.

Carbono remanescente

Houve efeito do pastejo e da adubação nitrogenada na mineralização do carbono (FIGURA 8). O pastejo reduziu a meia vida do carbono em média, de 85 para 48 dias nas doses mais altas de nitrogênio na pastagem (TABELA 6). Conseqüentemente o decaimento da relação C/N ocorreu mais rapidamente nas áreas pastejadas para todas as doses de N (FIGURA 9). A partir desses dados infere-se que as perdas de carbono na forma de CO₂ são mais rápidas nas áreas pastejadas, e que o solo permanece coberto por mais tempo nas áreas sem pastejo. Por outro lado, infere-se também que a liberação de compostos orgânicos solúveis provenientes da decomposição dos resíduos e a sua possível incorporação na matéria orgânica do solo seja mais rápida nas áreas pastejadas e adubadas com N.

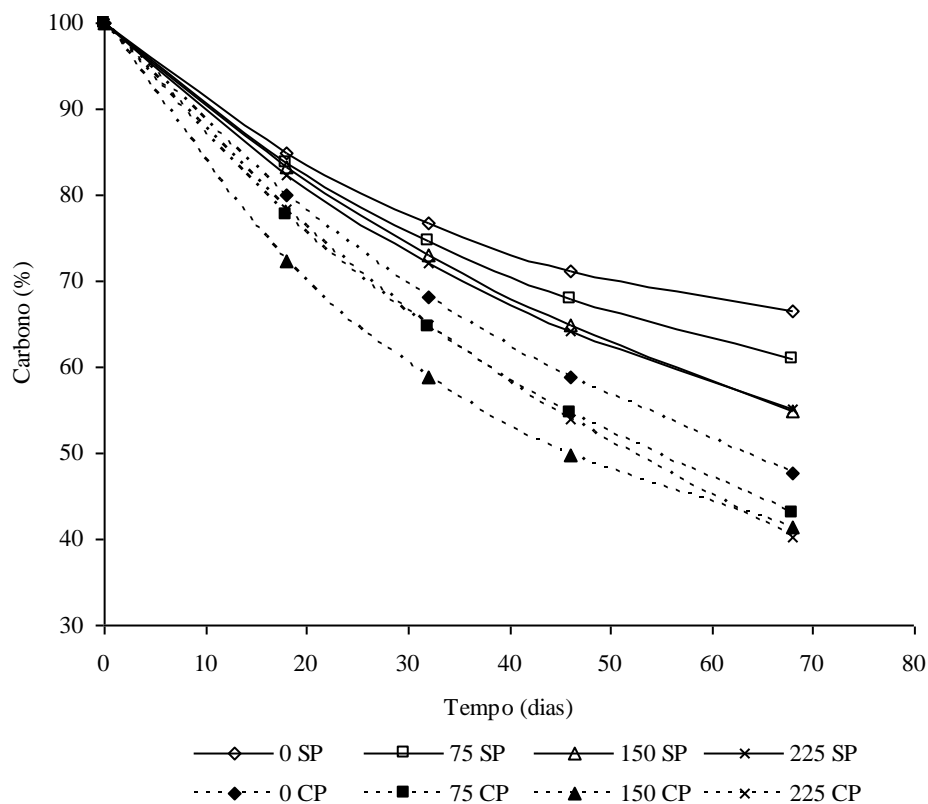


FIGURA 8 - Carbono remanescente, em porcentagem, da fitomassa aérea residual do azevém adubado com doses crescentes de nitrogênio, com e sem pastejo, durante o ciclo do feijão. Guarapuava – PR 2006/2007.

TABELA 6 - Parâmetros dos modelos de regressão e coeficientes de determinação para a porcentagem de carbono remanescente da fitomassa aérea residual do azevém adubado com doses crescentes de nitrogênio, com e sem pastejo, durante o ciclo do feijão. Meia vida da porcentagem do carbono remanescente em dias.

tratamentos	<i>a</i>	<i>b</i>	R ²	Meia vida
Sem pastejo				
0	0,0000631	-0,01029	0,99	----- ⁽¹⁾
75	0,0000512	-0,01079	0,99	----- ⁽¹⁾
150	0,0000274	-0,01066	0,99	83
225	0,0000422	-0,01160	0,98	88
Com pastejo				
0	0,0000288	-0,01287	0,92	63
75	0,0000344	-0,01472	0,99	54
150	0,0000997	-0,01974	0,99	46
225	-0,0000044	-0,01365	0,98	50

⁽¹⁾ --- meia vida não foi atingida durante o período de avaliação

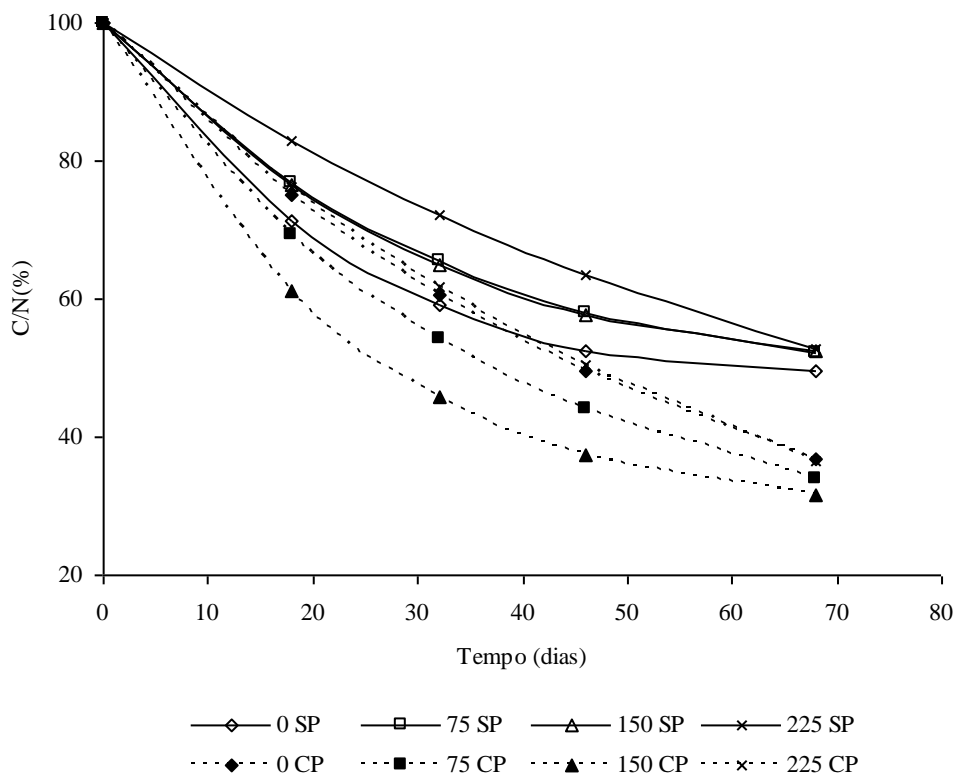


FIGURA 9 - Relação C/N da fitomassa aérea residual do azevém adubado com doses crescentes de nitrogênio, com e sem pastejo.

TABELA 7 - Parâmetros dos modelos de regressão e coeficientes de determinação para a relação C/N da fitomassa aérea residual do azevém adubado com doses crescentes de nitrogênio, com e sem pastejo, durante o ciclo do feijão.

tratamentos	a	b	R ²
Sem pastejo			
0	0,000170	-0,022	0,93
75	0,000100	-0,017	0,93
150	0,000110	-0,017	0,98
225	0,000021	-0,011	0,89
Com pastejo			
0	0,000024	-0,016	0,94
75	0,000087	-0,022	0,98
150	0,000210	-0,031	0,96
225	0,000007	-0,015	0,97

Durante o processo de decomposição, a imobilização ou a mineralização de nutrientes do resíduo depende de vários fatores, dentre eles, da relação C/N do resíduo. De maneira geral, enquanto os resíduos apresentarem uma relação C/N elevada estará ocorrendo imobilização microbiana de nutrientes. Portanto, a partir dos dados da relação C/N (FIGURA 9, TABELA 7), infere-se que a disponibilidade de nutrientes dos diferentes resíduos será mais rápida nas áreas pastejadas, porém sem a adequada sincronia com a cultura do feijão.

A variável FDN representa a parede celular total do resíduo vegetal. Os resultados indicam que as doses de nitrogênio afetaram a taxa de decomposição das fibras de ligno-celulose e hemicelulose no azevém. As doses maiores de nitrogênio permitiram a decomposição mais rápida deste componente do resíduo independentemente da presença dos animais. No entanto, no tratamento 225 CP a decomposição foi mais lenta porque sob pastejo, a dose de 225 N induziu a rápida formação do colmo, alterando a proporção colmo/folha no resíduo. As taxas de decomposição de FDN nos resíduos da pastagem foram maiores para o tratamento 150 CP (FIGURA 10 e TABELA 8).

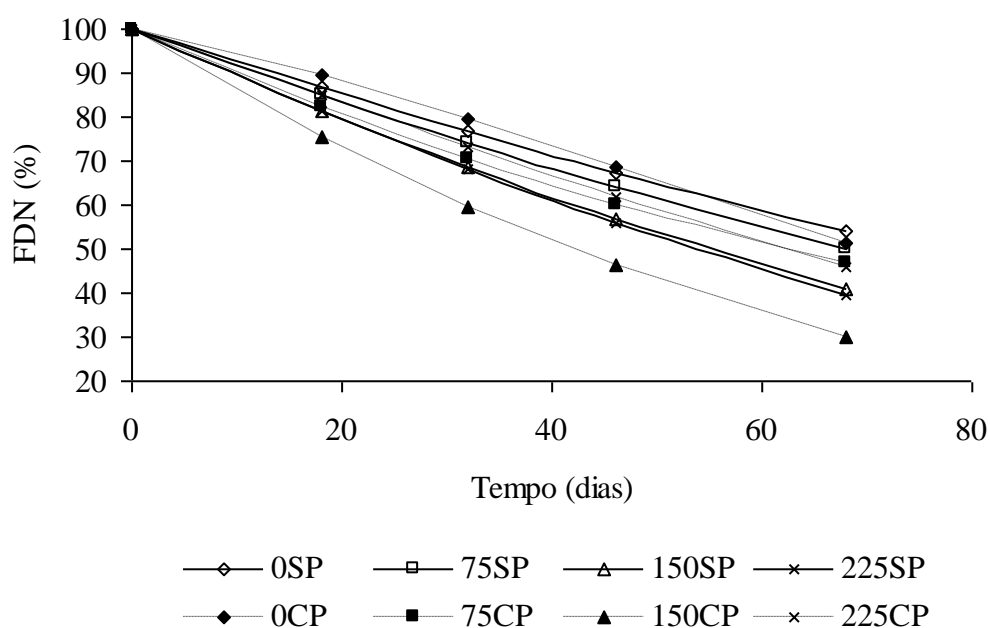


FIGURA 10 - Teor de fibra em detergente ácido (FDN) em porcentagem, contido na fitomassa aérea seca residual do azevém cultivado sob doses crescentes de nitrogênio, em subparcelas com (CP) e sem pastejo (SP). Guarapuava – PR 2006/2007.

TABELA 8 - Parâmetros dos modelos de regressão e coeficientes de determinação para o teor de FDN (ligno-celulose+ hemicelulose) da fitomassa aérea residual do azevém adubado com doses crescentes de nitrogênio, com e sem pastejo, durante o ciclo do feijão.

Tratamentos	<i>a</i>	<i>b</i>	R ²
Sem pastejo			
0	0,0000208	-0,0075990	0,86
75	0,0000237	-0,0086151	0,98
150	0,0000340	-0,0107541	0,98
225	0,0000453	-0,0106219	0,93
Com pastejo			
0	-0,0000725	-0,0049052	0,72
75	0,0000088	-0,0106197	0,97
150	0,0000433	-0,0148033	0,97
225	-0,0000466	-0,0083375	0,89

Nitrogênio liberado da fitomassa aérea residual da pastagem

A quantidade de nitrogênio disponível na fitomassa aérea residual total do azevém respondeu às doses de nitrogênio aplicadas na pastagem e foi superior nas áreas sem pastejo (TABELA 3 e FIGURA 11).

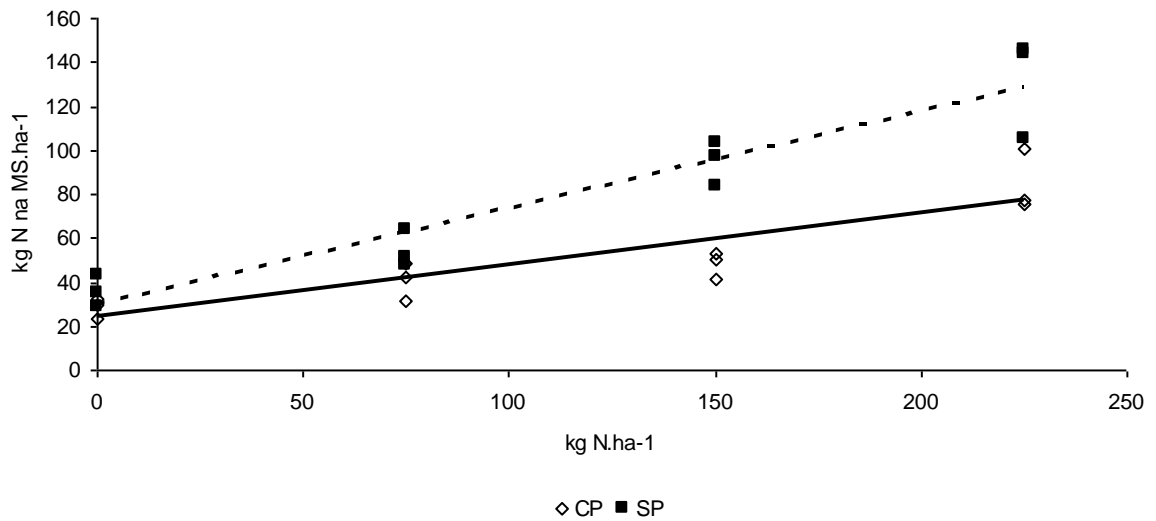


FIGURA 11 - Quantidade de nitrogênio em kg ha⁻¹, contido na fitomassa aérea seca residual do azevém cultivado sob doses crescentes de N, em subparcelas com (— CP) e sem pastejo (- - -SP). CP: $y = 24,04 + 0,2349x$; $R^2 = 0,79$ e SP: $y = 29,97 + 0,4372x$; $R^2 = 0,89$

A adubação da pastagem aumentou a mineralização do N da MS com redução da meia vida (TABELA 9). No entanto, o modelo de predição indica que aos 32 dias após a emergência (DAE) do feijão ainda restavam 73% e 83% do N nos resíduos das subparcelas com e sem pastejo, respectivamente (FIGURA 12). Os dados indicam que não houve uma sincronia adequada entre a mineralização do N da fitomassa aérea e as exigências da cultura do feijoeiro. Aos 68 DAE ainda restavam 55 % e 66% do N retidos na fitomassa do azevém com e sem pastejo.

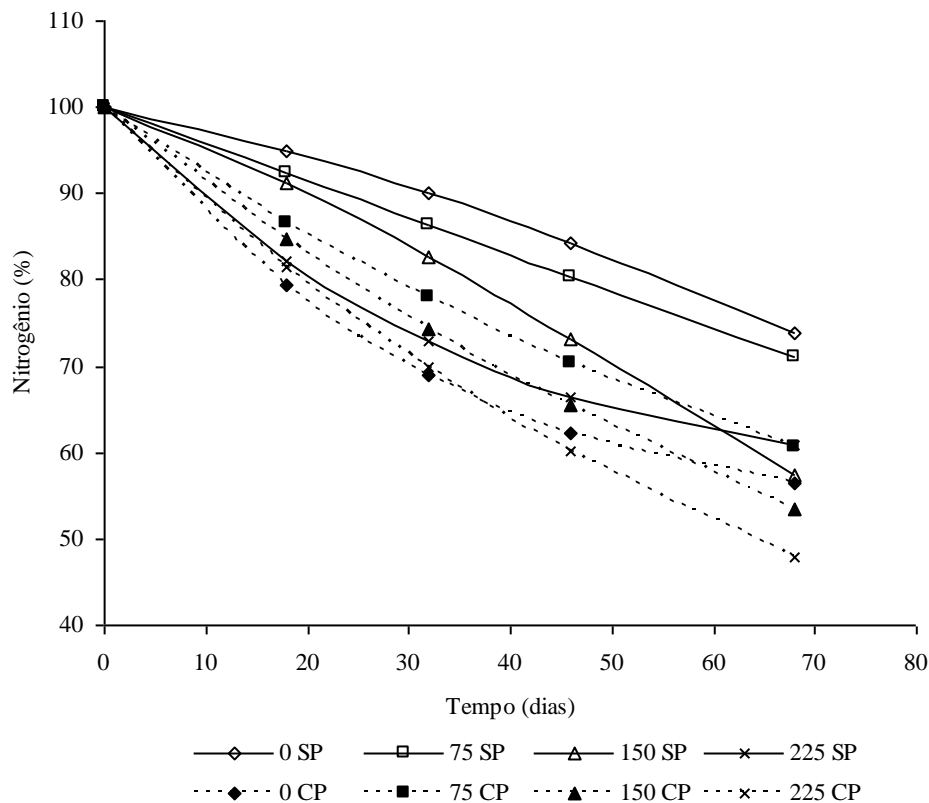


FIGURA 12 - Percentagem de nitrogênio remanescente da fitomassa aérea residual do azevém adubado com doses crescentes de nitrogênio, com e sem pastejo, durante o ciclo do feijão.

TABELA 9 - Parâmetros dos modelos de regressão e coeficientes de determinação para a porcentagem de nitrogênio remanescente da fitomassa aérea residual do azevém adubado com doses crescentes de nitrogênio, com e sem pastejo, durante o ciclo do feijão. Meia vida da porcentagem de nitrogênio remanescente em dias.

Treatamentos	a	b	R ²	Meia vida
Sem pastejo				
0	-0,0000315	-0,0023020	0,58	116
75	-0,0000123	-0,0042060	0,78	122
150	-0,0000620	-0,0039473	0,95	79
225	0,0000710	-0,0121540	0,80	----- ⁽¹⁾
Com pastejo				
0	0,0000876	-0,0143604	0,94	----- ⁽¹⁾
75	0,0000121	-0,0081708	0,92	99
150	0,0000017	-0,0092970	0,91	76
225	-0,0000098	-0,0115151	0,97	57

⁽¹⁾ --- meia vida não foi atingida durante o período de avaliação

Em todas as épocas avaliadas, houve interação entre doses de N e pastejo para a quantidade de N, em kg ha⁻¹, liberada pela fitomassa aérea residual do azevém. Para doses de até 75 kg de N ha⁻¹, a liberação de N foi maior nas áreas pastejadas, enquanto que para 150 e 225 kg de N ha⁻¹, a liberação acumulada foi maior nas áreas não pastejadas (FIGURA 13 e TABELA 10).

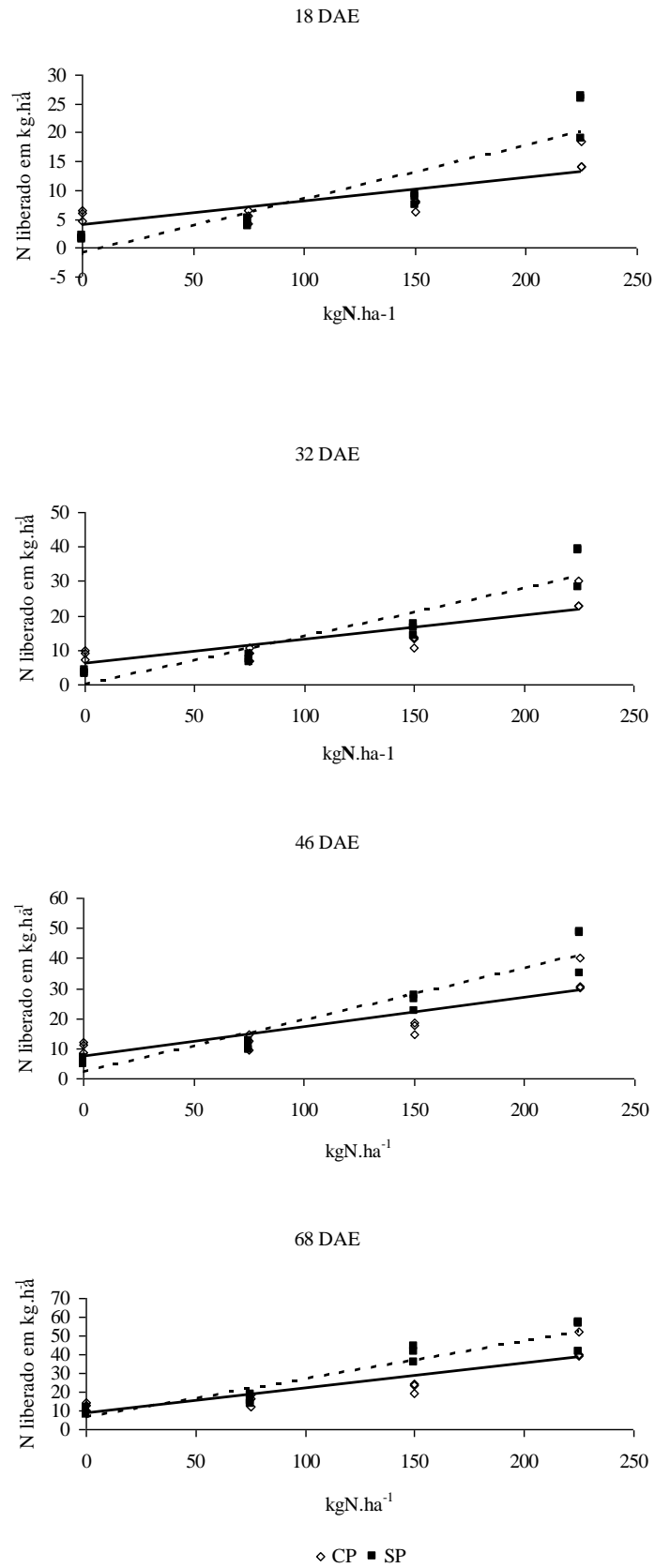


FIGURA 13 - Quantidade de nitrogênio liberado em kg ha^{-1} aos 18, 32, 46 e 68 dias após a emergência do feijoeiro (DAE), a partir da fitomassa aérea residual total de azevém adubado com doses crescentes de N, em subparcelas com (—CP) e sem (- - - SP) pastejo

TABELA 10 - Parâmetros dos modelos de regressão linear e coeficientes de determinação da quantidade de nitrogênio liberado, em kg ha⁻¹, da fitomassa aérea residual, aos 18, 32, 46 e 68 dias após a emergência do feijoeiro (DAE), em subparcelas com e sem pastejo.

Tempo (DAE)	<i>a</i>	<i>b</i>	R ²
Sem pastejo			
18	-0,8883	0,0932	0,81
32	0,0503	0,1392	0,85
46	2,0111	0,1734	0,90
68	6,5451	0,2021	0,90
Com pastejo			
18	3,8712	0,0418	0,66
32	5,9194	0,0711	0,71
46	7,3556	0,0984	0,74
68	8,5151	0,1344	0,78

A quantidade acumulada de N liberado aos 32 DAE variou de 9 a 25 kg de N ha⁻¹, e de 3,66 a 35,33 kg de N ha⁻¹ para os tratamentos com e sem pastejo, respectivamente (TABELA 11). Considerando que estas quantidades referem-se ao N liberado apenas pela fitomassa aérea residual, sem contar o N liberado pelas raízes em decomposição, ou mesmo pelas excreções dos animais, pode-se reduzir a adubação nitrogenada em cobertura para o feijoeiro.

TABELA 11 – Estimativa da quantidade acumulada de nitrogênio, em kg ha⁻¹, liberado da fitomassa aérea de azevém aos 18, 32, 46 e 68 dias após a emergência (DAE) do feijão, em subparcelas com e sem pastejo em azevém adubado com doses crescentes de nitrogênio.

	0	75	150	225
18 DAE				
Sem pastejo	1,66	4,33	8,66	23,66
Com pastejo	6,00	5,33	7,33	15,66
32 DAE				
Sem pastejo	3,66	7,66	16,33	35,33
Com pastejo	8,66	9,00	12,66	25,33
46 DAE				
Sem pastejo	6,00	10,66	25,60	44,00
Com pastejo	10,66	12,00	17,33	33,66
68 DAE				
Sem pastejo	9,33	15,66	40,33	51,66
Com pastejo	12,33	16,00	22,33	43,66

Não houve efeito do pastejo e da adubação nitrogenada da pastagem sobre a produtividade da cultura do feijão devido à adubação de 180 kg N ha⁻¹ na cultura. Porém há uma tendência de que para as doses de 0 e 75N, a produtividade do feijoeiro seja maior nas áreas pastejadas (SANDINI et al., 2008).

Os dados de produção (SANDINI et al., 2008) indicam um efeito benéfico do pastejo para a produtividade do feijoeiro nas áreas não adubadas durante o inverno, porém tais efeitos devem-se também a outros fatores. LUSTOSA (1998) e LUNARDI et al. (2008) atribuem o fato à reciclagem mais rápida dos nutrientes por meio dos excrementos animais. As quantidades de nutrientes liberadas pela urina não foram calculadas, mas sabe-se que apesar das perdas via volatilização, a deposição de urina dos animais sob pastejo é uma importante fonte de N para o sistema (PETERSEN et al., 2004).

CONCLUSÕES

O pastejo altera as características químicas e estruturais da fitomassa aérea do azevém, acelerando a sua dinâmica de decomposição e diminuindo a cobertura do solo nas áreas pastejadas.

A biomassa microbiana e a respiração basal são maiores nos resíduos de azevém pastejado resultando em menor acúmulo de palhada nas áreas com pastejo.

A maior parte do N liberado pela fitomassa aérea residual de azevém não é aproveitada pela cultura, porém pode-se reduzir a adubação nitrogenada do feijoeiro com a adubação nitrogenada da pastagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 601-612, 2003.

ASSMANN, T.S.; RONZELLI JÚNIOR, P.; MORAES, A.; ASSMANN, A.L.; KOEHLER, H.S.; -SANDINI, I.E.. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema de plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 675-683, 2003.

BADRE, B., NOBELIS, P. TRÉMOLIÈRES, M. Quantitative study and modelling of the litter decomposition in a European alluvial forest. Is there an influence of

overstorey tree species on the decomposition of ivy litter (*Hederea helix* L.)? **Acta Oecologica**, v.19, n. 6, p.491-500, 1998.

COSTA, F.S.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J.A.; FONTOURA, S.M.V. Aumento de matéria orgânica em um latossolo bruno sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, p. 587-589, 2004.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F.Z. Manejo do solo em coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, p.761-773, 1985.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. Humberto Gonçalves dos Santos, 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006.

ESPINDOLA, J. A. A, ALMEIDA, D. L. de, GUERRA, J. G. M., SILVA, E. M. R. da. Flutuação sazonal da biomassa microbiana e teores de nitrato e amônio de solo coberto com *Paspalum notatum* em um agroecossistema. **Floresta e Ambiente**, v. 8, n.1, p.104-113, 2001.

HEINEMEYER, O.; INSAM, H.; KAISER, E.A.; WALENZIK, G. Soil microbial biomass and respiration measurements: An automated technique based on infra-red gas analysis. **Plant and Soil**, v. 116, p. 191-195, 1989.

IAPAR (Londrina, PR). **Cartas climáticas do Estado do Paraná**. Londrina, 1994. 49p.

LANG C. R.; PELISSARI, A.; MORAES, A. de; SULC, R. M.; OLIVEIRA, E. B. de; CARVALHO, P. C. F. Fitomassa aérea residual da pastagem de inverno no sistema integração lavoura-pecuária. **Scientia Agraria**, v. 5, n. 1-2, p. 43-48, 2004.

LIMA, L. M. S.; ALQUINI, Y.; BRITO, C. J. F.; DESCHAMPS, F. C. Degradação ruminal dos tecidos vegetais e composição bromatológica de cultivares de *Axonopus scoparius* (flüegge) kuhlm. e *Axonopus fissifolius* (raddi) kuhlm. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 509-515, 2001.

LUNARDI, R.; CARVALHO, P.C. de F.; TREIN, C.R.; COSTA, J.A.; CAUDURO, G.F.; BARBOSA, C.M.P.; AGUINAGA, A.A.Q. Rendimento de soja em sistema de integração lavoura-pecuária: efeito de métodos e intensidades de pastejo. **Ciência Rural**, v.38, p.795-801, 2008.

LUSTOSA, S.B.C. **Efeito do pastejo nas propriedades químicas do solo e no rendimento de soja e milho em rotação com pastagem consorciada de inverno no sistema plantio direto**. Curitiba, 1998. 84p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 1998.

MAAK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: Banco de Desenvolvimento do Paraná, 1968. 350p.

MORAES, A.; CARVALHO P.C.F.; SILVA, H.A.; JANSSEN, H.P. (Eds) **Produção de leite em sistemas integrados de agricultura-pecuária**. Curitiba: EMATER, 2008. 88p.

NICOLOSO, R.S.; LANZANOVA, M.E.; LOVATO, T. Manejo das pastagens de inverno e potencial produtivo de sistemas de integração lavoura-pecuária no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.36, n.6, p.1799-1805, nov-dez, 2006.

PETERSEN, S.O.; ROSLEV, P.; BOL, R. Dynamics of a pasture soil microbial community after deposition of cattle urine amended with [¹³C]urea. **Applied and Environmental Microbiology**, vol. 70, p. 6363-6369, nov. 2004.

REINERTSEN, S.A.; ELLIOTT, L.F.; COCHRAN, V.L. & CAMPBELL, G.S. The role of available C and N in determining the rate of wheat straw decomposition. **Soil Biol. Biochem.**, 16:459-464, 1984.

SANDINI, I. E.; MORAES, A.; PELISSARI, A.; LUSTOSA, S.B.C.; NEUMANN, M.; RIOS, E.M.; ANDREOLLA, V.R.M. cultura do feijoeiro e nitrogênio: alternativas para o sistema de produção integração lavoura-pecuária. In: **Fertbio**, 2008, Londrina. Desafios para o uso do solo com eficiência e qualidade ambiental, 2008.

SEMMARTIN, M.; GHERSA, C. M. Intraspecific changes in plant morphology, associated with grazing, and effects on litter quality, carbon and nutrient dynamics during decomposition. *Austral. Ecology*, v. 31, p. 99-105, 2006.

STATSOFT, Inc. (2000). **Statistica for Windows. Computer Program Manual**. Tulsa, USA.

TRINSOUTROT, I.; RECOUS, S.; BENTZ, B.; LINÈRES, M.; CHÈNEBY, D. & NICOLARDOT, B. Biochemical quality of crop residues and carbon and nitrogen mineralization kinetics under nonlimiting nitrogen conditions. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 64:918-926, 2000.

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. **SANEST: Sistema de análises estatísticas para microcomputadores**. Pelotas – UFPel, 1984. 75p.

4. ESTUDO II

VARIAÇÕES SAZONAIS NA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO E NA MINERALIZAÇÃO DO CARBONO EM SOLO SOB SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

RESUMO

A biomassa microbiana é responsável por processos essenciais para a sustentabilidade do agroecossistema, como a ciclagem de nutrientes e a produção de fatores de agregação do solo. Sistemas conservacionistas tendem a apresentar valores mais elevados de biomassa microbiana. Quanto maiores os teores de biomassa microbiana, maior será a reserva de carbono e nutrientes no solo e menores as perdas. O trabalho teve por objetivo avaliar as variações sazonais da biomassa microbiana e sua atividade durante a rotação pastagem de azevém e a cultura do feijoeiro em um Latossolo Bruno. As amostragens para análise microbiológica ocorreram aos 79 e aos 132 dias após a semeadura do azevém, e aos 4, 18, 32 e 46 dias após a emergência do feijão. Não houve efeito da adubação nitrogenada da pastagem de azevém sobre a biomassa microbiana do solo, e o efeito do pastejo foi observado apenas no início do período de pastejo. A biomassa e a atividade microbiana aumentaram ao longo do período experimental em função das condições climáticas favoráveis e do cultivo. A liberação de exsudatos durante os cultivos de inverno e de verão e a quantidade de resíduos recalcitrantes disponíveis durante a fase reprodutiva do feijão estimularam a atividade microbiana no solo e a conseqüente mineralização do carbono.

Palavras-chave: atividade microbiana, nitrogênio, integração lavoura-pecuária, pastagem.

SEASONAL VARIATION IN SOIL MICROBIAL BIOMASS AND CARBON MINERALIZATION IN SOIL UNDER CROP-LIVESTOCK INTEGRATION SYSTEM

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the microbial biomass seasonal variations and activity during the seasonal rotation of grazing ryegrass and common bean in a South Brazilian Oxisol. Sampling for microbiological analysis occurred at 79 and 132 days after ryegrass planting, and at 4, 18, 32 and 46 DAE of beans. In short term there was no ryegrass nitrogenized fertilization on the soil, and the grazing effects were observed only at the beginning of the grazing period. Biomass and microbial activity increased during the experimental period according to the favorable climatic conditions and cultivation. The exudates release of crops during the winter and summer seasons and quantity of recalcitrant residual available during beans reproductive phase had stimulated the soil microbial activity and consequently the carbon mineralization.

Key words: microbial activity, nitrogen, integrated livestock farming, grazing

INTRODUÇÃO

A integração lavoura-pecuária consiste na rotação de culturas anuais de grãos com pastagens em sistema de plantio direto. A presença do animal em pastejo em ciclos entre as culturas, modifica a dinâmica da ciclagem de nutrientes nos sistemas, beneficiando a cultura em sucessão (CARVALHO et al, 2006).

O manejo da pastagem pode gerar quantidades variáveis de resíduos animais e vegetais sobre o solo, cuja decomposição garante um retorno de nutrientes que pode influenciar o ambiente físico-químico e biológico do solo (CASSOL, 2003). O melhor aproveitamento dos nutrientes liberados no sistema depende dentre outros fatores, da velocidade de decomposição dos resíduos remanescentes pela biomassa microbiana do solo.

O pastejo reduz em média 51% a quantidade de palhada remanescente sobre o solo e aumenta a mineralização do carbono e do nitrogênio dos resíduos, o que reduz, em média 41 dias, a meia vida da palhada adubada (ESTUDO I). Essas alterações podem afetar os estoques de carbono do solo, e a biomassa microbiana é considerada um indicador sensível das alterações na matéria orgânica do solo em função do manejo.

A biomassa microbiana foi definida por JENKINSON e LADD (1981), como a parte viva da matéria orgânica do solo, que corresponde ao material orgânico contido nas bactérias, actinomicetos, fungos, algas e microfauna do solo.

A biomassa microbiana responde aos diferentes processos de manejo de forma mais rápida do que o carbono total e por isso tem sido utilizada como um indicador de qualidade dos solos e um parâmetro para avaliar o efeito da adição de resíduos (POWLSON et al, 1987; SILVA e RESCK, 1997) e de mudanças no conteúdo total de matéria orgânica do solo (XAVIER et al, 2006). De acordo com MERCANTE (2001), quanto maiores os teores de biomassa microbiana, maior será a reserva de carbono e nutrientes no solo.

Dentre os diversos parâmetros microbiológicos utilizados, destacam-se além da biomassa microbiana, a respiração basal, a respiração induzida pelo substrato, o quociente metabólico e as relações entre estes parâmetros e o carbono do solo (FRIGHETTO & VALARINI, 2005; PAUL & SMITH, 1990).

Se a adubação nitrogenada e o pastejo no inverno interferem na quantidade e na mineralização do carbono e do nitrogênio dos resíduos, isto se refletirá na

biomassa microbiana do solo e sua atividade devido às alterações na disponibilidade de carbono, energia e nutrientes. Portanto, este trabalho tem como objetivo avaliar as variações sazonais da biomassa microbiana e sua atividade nas camadas de 0-5 e de 5-10 cm do solo, durante a rotação entre pastagem de azevém e a cultura do feijoeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área experimental

O trabalho foi baseado em um experimento de campo instalado em junho de 2006, em área localizada no campus da Universidade Estadual do Centro-Oeste-UNICENTRO, em Guarapuava (PR). A área experimental foi utilizada para produção de soja em sistema de plantio direto no ano de 2004, e para produção de milho para silagem no verão de 2005/2006, após pousio no inverno. Em junho de 2006 foi instalado o sistema de integração lavoura-pecuária, em cujos experimentos foram realizadas as amostragens e as análises deste trabalho.

A área experimental localiza-se na região fisiográfica denominada Terceiro Planalto Paranaense, entre as coordenadas de 25° 33' latitude Sul e 51° 29' longitude Oeste e tem altitude média de 1.095 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfb (MAAK, 1968). A precipitação anual varia de 1.400 a 1.800 mm e os meses de abril e maio são os mais secos (IAPAR, 1994). Os dados de precipitação pluviométrica e da temperatura do ar e do solo coberto com palha foram obtidos em uma estação climatológica situada ao lado da área experimental e constam nas FIGURAS 1 e 2.

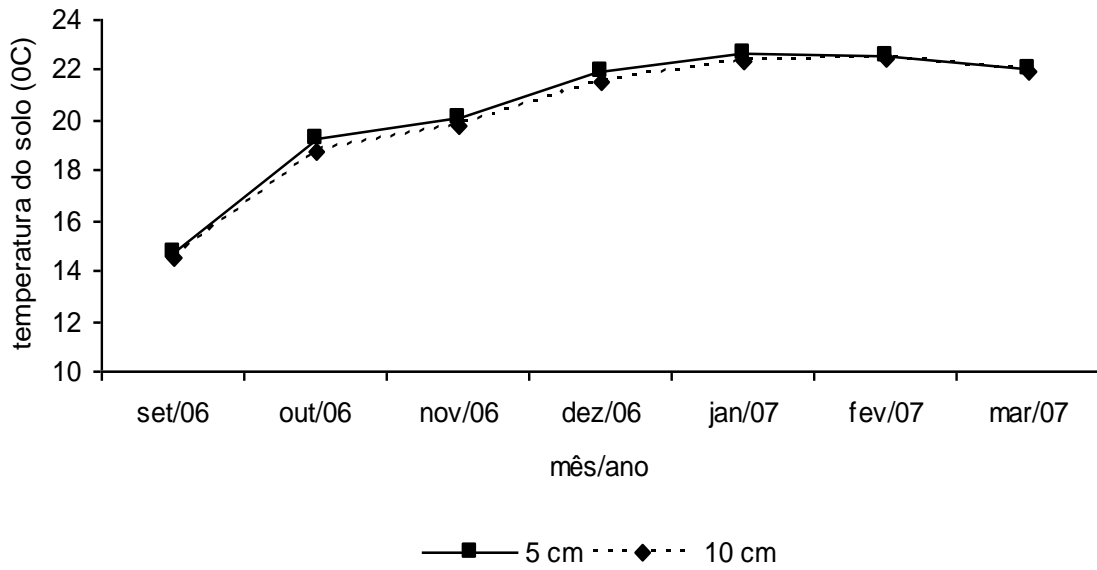


FIGURA 1 - Temperatura do solo coberto com palha durante o período experimental nas profundidades de 5 e de 10 cm

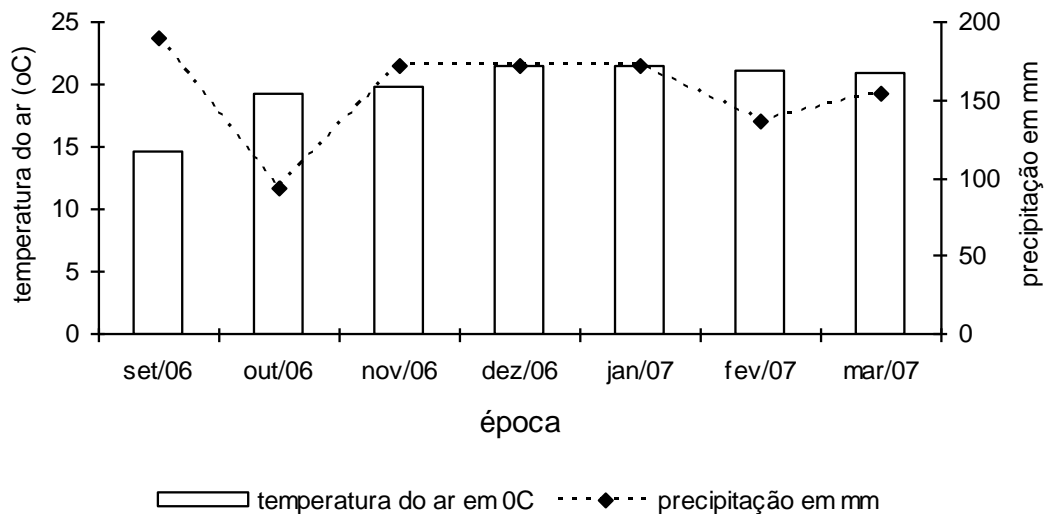


FIGURA 2 - Precipitação e temperatura média do ar durante o período experimental (mês/ano), em Guarapuava, PR.

O solo é classificado como Latossolo Bruno Distroférico típico, relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2006). As características físicas e químicas do solo no período experimental constam nas TABELAS 1 e 2.

TABELA 1. Caracterização da granulometria do solo (g kg^{-1}).

camadas	areia	silte	argila
0-5	80	306	614
5-10	70	316	613

TABELA 2 – Valores médios de pH em CaCl_2 , P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, CTC e V, nas profundidades de 0-5 e 5-10, em Guarapuava (PR).

Ano	Prof. (cm)	pH (CaCl_2)	mg/dm^3 P	K	Complexo Sortivo (cmol.dm^{-3})				pH 7,0 CTC	V (%)
					Ca	Mg	Al	H+Al		
2006	0 a 5	5,2	5,8	0,49	5,03	2,85	0,00	5,18	13,55	61,81
	5 a 10	5,2	2,9	0,23	4,62	2,90	0,00	5,01	12,77	60,70

Fonte: SANDINI, et al. (2008)

Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com três repetições. Os tratamentos foram doses de nitrogênio na forma de uréia, nas quantidades equivalentes de 0, 75, 150 e 225 kg N ha^{-1} aplicadas na pastagem de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), com e sem pastejo por ovinos. O tamanho das parcelas avaliadas no experimento era de 96 m^2 durante o pastejo e de 14 m^2 durante a cultura do feijão.

Manejo da pastagem e do feijoeiro

A semeadura do azevém foi efetuada no dia 11 de junho de 2006. Foram aplicados 0 kg ha^{-1} de N, 62,5 Kg ha^{-1} de P_2O_5 e 62,5 kg ha^{-1} de K_2O como adubação de base e, 21 dias após a emergência (DAE), foi aplicado o nitrogênio, em dose única, conforme os tratamentos.

O pastejo foi iniciado no dia 26 de agosto, prolongando-se até o dia 15 de novembro, totalizando 81 dias de pastejo. O método de pastejo utilizado foi o de lotação contínua. A altura da pastagem foi mantida em 14 cm usando carga animal variável. Os animais foram retirados 19 dias antes da dessecação da pastagem, em 04/12/06, que foi realizada com 2,5 l ha^{-1} de glifosate.

No dia 11/12/06 efetuou-se a semeadura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar FT soberano. O fósforo foi aplicado na base, na dosagem de 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 , sendo a fonte o superfosfato triplo. O potássio foi aplicado em cobertura, nos

dias 10/12/06 e 08/01/07, nas quantidades de 100 e 90 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente, sendo a fonte o cloreto de potássio. O nitrogênio, na dosagem de 180 kg ha⁻¹, foi aplicado parcelado sendo 1/3 da dose na base e 2/3 em cobertura (03/01/07), sendo a fonte utilizada uréia. As plantas daninhas, pragas e doenças foram controladas durante todo o ciclo da cultura. A colheita do feijão ocorreu no dia 10/03/2007 e os resultados de produção de grãos constam em SANDINI et al. (2008).

Avaliações microbiológicas do solo

Para as avaliações microbiológicas do solo, foram realizadas duas amostragens de solo durante o ciclo do azevém, aos 79 e aos 132 dias após a semeadura do azevém, que correspondem a 4 e 57 dias de pastejo, respectivamente. Foram também realizadas quatro amostragens na cultura do feijão, aos 3, 18, 31 e 46 dias após a emergência do feijão (DAE), em cada subparcela. Os estádios fenológicos do feijoeiro em cada época foram: 3 DAE (folhas primárias abertas), 18 DAE (V4 – 3^a folha trifoliada), 31 DAE (R5 - pré-floração), 46 DAE (R7- formação das vagens).

Foram coletadas amostras compostas por cinco subamostras de solo, nas profundidades de 0-5 cm e de 5-10 cm, em cada subparcela. Após a coleta, as amostras foram peneiradas em malha de 2 mm, raízes e animais do solo foram retirados manualmente. As amostras de solo, de peso equivalente a 30 g de solo seco, foram avaliadas com a umidade das amostras de solo ajustadas para 60% de sua capacidade de campo.

A respiração induzida pelo substrato, em cada subparcela, foi avaliada utilizando-se um analisador de CO₂ por infravermelho (IRGA), conforme descrito por HEINEMEYER et al (1989) e FÖRSTER et al (2006). A liberação de CO₂ registrada no IRGA após a adição de glicose foi transformada em biomassa microbiana pela fórmula: Biomassa em mg C.kg⁻¹ solo = ($\mu\text{CO}_2 \text{ min}^{-1}\text{g}^{-1}\text{ solo} \times 40,04$) + 0,37. Aos 46 DAE a biomassa microbiana do solo também foi avaliada pelo método da fumigação-extração, descrito por VANCE et al. (1987).

A respiração basal e a respiração induzida máxima também foram avaliadas no IRGA. A respiração basal ($\mu\text{l CO}_2 \text{ g}^{-1}.\text{h}^{-1}$) correspondeu à liberação de CO₂ resultante da atividade microbiana no solo antes da adição de glicose e reflete a

mineralização do carbono. A respiração induzida máxima foi avaliada de 10 a 15 horas após a adição de glicose ao solo e representa a atividade fúngica sobre resíduos recalcitrantes ou sobre a biomassa bacteriana morta.

A respiração basal por unidade de biomassa microbiana ou quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) foi determinada pela quantidade de CO_2 liberada por unidade de biomassa microbiana em determinado tempo ($\mu\text{l CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1} \cdot \mu\text{g C-microbiano} \cdot \text{g}^{-1}$).

Os dados coletados foram submetidos à análise da variância, e a comparação das médias dos tratamentos foi realizada pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5%, utilizando-se o aplicativo SANEST (ZONTA, 1984). Os fatores quantitativos foram submetidos às análises de regressão no programa STATISTICA (STATSOFT, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A biomassa microbiana do solo e a mineralização do carbono aumentaram significativamente durante o período experimental, refletindo as condições climáticas favoráveis, como o aumento da temperatura do ar e do solo (FIGURAS 1 e 2) e a disponibilidade de carbono e nutrientes, independente dos tratamentos (FIGURAS 3 e 4). As flutuações sazonais da biomassa e sua atividade foram mais frequentes na camada de 0-5 cm devido à maior influência da cobertura do solo e das trocas gasosas. Os dados corroboram os obtidos por CATTELAN; VIDOR (1990).

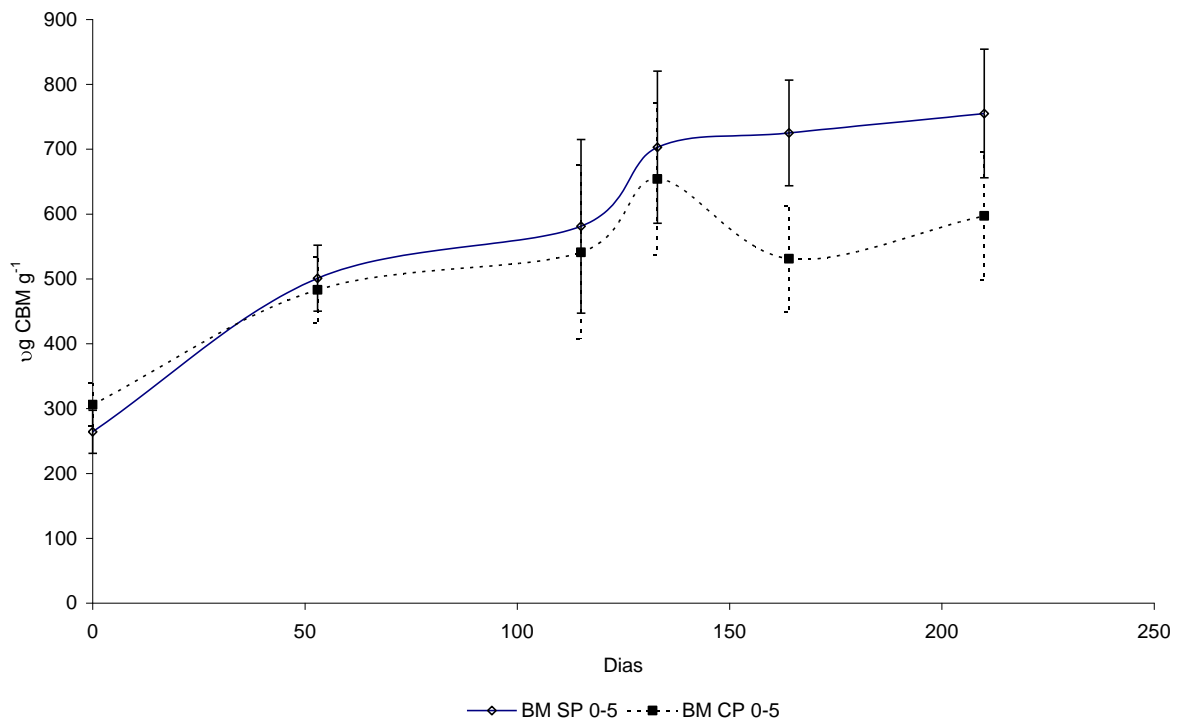


FIGURA 3 - Respiração basal (RB) na camada de 0 a 5 cm do solo, médias dos tratamentos distribuídas no tempo, em dias, em áreas com (CP) e sem pastejo (SP) por ovinos, em Guarapuava, PR. O tempo inicial (0 dias) corresponde aos 4 dias após início do pastejo (4P)

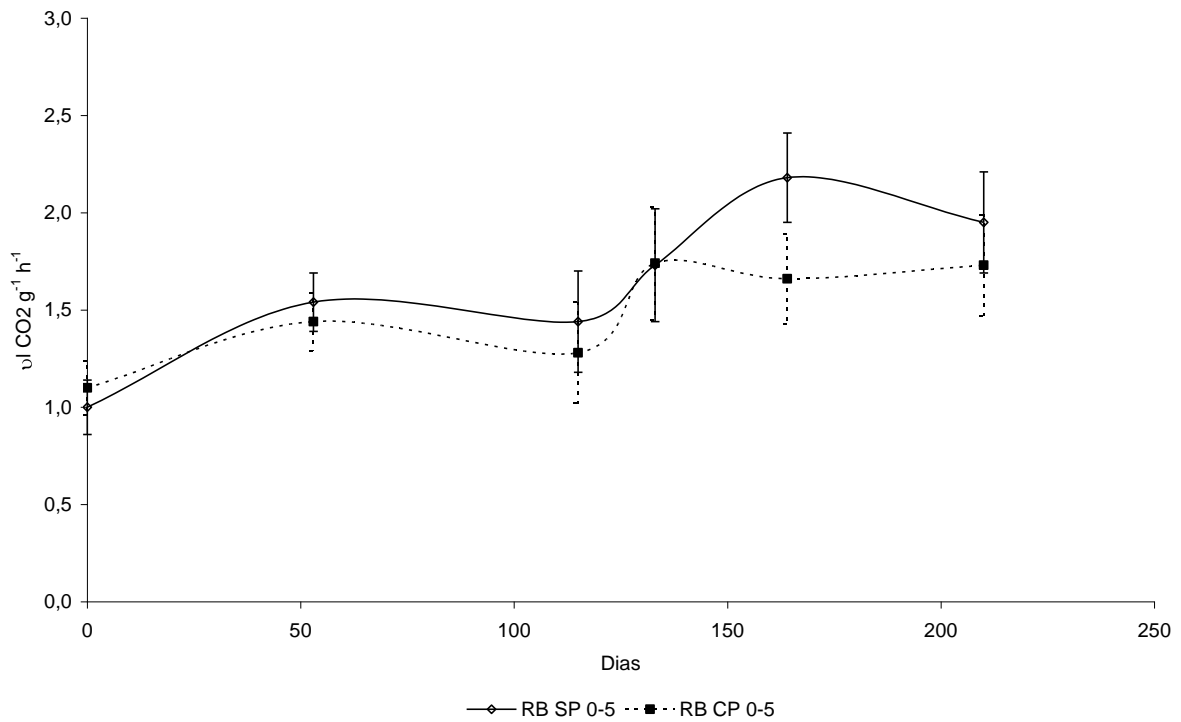


FIGURA 4 - Biomassa microbiana (BM) na camada de 0 a 5 cm do solo, médias entre os tratamentos distribuídas no tempo, em dias, em áreas com (CP) e sem pastejo (SP) por ovinos, em Guarapuava, PR. O tempo inicial (0 dias) corresponde aos 4 dias após início do pastejo (4P)

Não houve efeito significativo das doses de nitrogênio sobre a respiração basal (RB), biomassa microbiana (BM) e respiração máxima induzida (RM) do solo, nas avaliações realizadas durante o pastejo e durante a fase vegetativa da cultura de verão, o que parece indicar que o fator limitante para o desenvolvimento microbiano no solo, no curto prazo avaliado, era a fonte de carbono e energia, na forma de substratos solúveis prontamente disponíveis, e não o nitrogênio mineral. HAYNES (1999), em estudos realizados com pastagens, observou que o suprimento de nitrogênio via fertilizante ou via consórcio com trevo também não afetou a atividade microbiana do solo e sim a incorporação de substratos disponíveis.

Como a quantidade de resíduos era baixa quando da instalação do experimento, a biomassa dependeu dos exsudatos liberados pelas culturas e do carbono do solo. É possível também que nutrientes lixiviados a partir da serrapilheira parcialmente decomposta ou do cultivo também tenham estimulado a atividade microbiana.

No início do pastejo, a atividade microbiana foi significativamente maior nas áreas pastejadas (TABELA 4), porém aos 57 dias de pastejo a atividade microbiana foi menor nestas áreas, provavelmente porque parte do carbono que seria excretado na forma de exsudatos radiculares foi utilizada para recomposição da planta sob pastejo contínuo, conforme sugerido por INGRAN et al. (2005).

As curvas representativas da atividade microbiana na camada de 0-5 cm do solo, durante o sistema de integração lavoura-pecuária, apresentam dois pontos ótimos que coincidem com o desenvolvimento vegetativo das culturas de inverno e de verão (FIGURA 3). Estes dados indicam que a atividade microbiana do solo foi afetada pela liberação de exsudatos radiculares pelas culturas em desenvolvimento, independente dos tratamentos. A atividade microbiana do solo reduziu a partir dos 31 DAE do feijoeiro, provavelmente devido à prioridade de alocação de reservas para a fase reprodutiva.

Durante a fase reprodutiva do feijão, os dados de respiração basal (RB), biomassa microbiana (BM) e respiração máxima induzida (RM), na camada de 0-5 cm, foram significativamente maiores nas áreas sem pastejo, indicando que o processo de imobilização de carbono e nutrientes na biomassa ainda continua nessas áreas, provavelmente devido a maior quantidade de resíduos remanescentes de azevém (TABELA 4). A partir de modelos de predição obtidos em estudos com *litter bags* (ESTUDO 1), estimou-se que a fitomassa aérea residual nas áreas com

pastejo correspondeu à aproximadamente 40% da fitomassa ainda existente nas áreas sem pastejo.

Nas parcelas pastejadas o decréscimo nos valores de BM e RB, observados aos 31 DAE, indicam que o processo de mineralização dos nutrientes no solo foi mais rápido sob azevém pastejado e os nutrientes, até então imobilizados na biomassa microbiana, estão nessa época sendo liberados no sistema (FIGURAS 3 e 4).

Segundo ESPINDOLA et al. 2001, a redução dos valores de carbono microbiano, associada ao aumento da respiração e do quociente metabólico, indica que a biomassa microbiana estaria liberando CO₂ para a atmosfera e nutrientes para a solução do solo. Tais nutrientes poderiam então ser absorvidos pela cultura implantada. Por outro lado, os picos de C microbiano e os baixos valores de quociente metabólico indicam que a biomassa microbiana funciona como um compartimento de reserva de nutrientes nesses períodos, evitando perdas de carbono e de nutrientes através de processos como a lixiviação.

TABELA 4 - Respiração basal (RB), carbono na biomassa microbiana (BM), respiração máxima induzida (RM) e quociente metabólico (qCO_2), a 0-5 e 5-10 cm de profundidade, em áreas sem (SP) e com (CP) pastejo, em Guarapuava, PR.

Épocas	RB $\mu\text{l CO}_2\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$		BM $\mu\text{gC}\cdot\text{CO}_2\text{ g}^{-1}$		RM $\mu\text{gC}\cdot\text{CO}_2\text{ g}^{-1}$		qCO_2 $(\mu\text{lCO}_2\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\mu\text{gC}\cdot\text{BM}\cdot\text{g}^{-1})\cdot 1000$	
	SP	CP	SP	CP	SP	CP	SP	CP
4P								
0-5	0,97 b A	1,13 a A	252 b A	300 a A	11 a A	12 a A	3,94aB	3,84 aB
5-10	0,74 b B	0,92 a B	146 a B	157 a B	06 a B	07 a B	5,15bA	5,98aA
CV%	17,8%		18,6%		36,7%		20,6%	
57P								
0-5	1,54 a A	1,44 a A	501 a A	483 a A	----	----	3,13 aA	3,06aB
5-10	0,79 a B	0,92 a B	205 a B	216 a B	----	----	4,03aA	4,67aA
CV%	15,6%		17,3%		----	----	34,5%	
3DAE								
0-5	1,44 a A	1,28 a A	542 a A	581 a A	36 a A	35 a A	3,24aA	2,41aA
5-10	0,92 a B	0,97 a B	335 a B	359 a B	18 a B	21 a B	3,15aA	3,11aA
CV%	27,4%		35,3%		33,4%		51,6%	
18DAE								
0-5	1,73 a A	1,74 a A	703 a A	654 a A	43 a A	39 a A	2,53aB	2,77aB
5-10	1,27 a B	1,24 a B	373 a B	357 a B	23 a B	21 a B	3,42aA	3,62aA
CV%	22,9%		26,9%		31,8%		22,8%	
31DAE								
0-5	2,18 a A	1,66 b A	725 a A	531 b A	52 a A	33 b A	3,03aA	3,14aB
5-10	1,02 a B	1,02 a B	311 a B	272 a B	17 a B	14 a B	3,34bA	3,79aA
CV%	18,6%		21,2%		28,5%		14,4%	
46DAE								
0-5	1,95 a A	1,73 a A	760 a A	598 b A	38 a A	31 b A	2,56aA	3,12 aA
5-10	1,14 a B	1,17 a B	388 a B	343 a B	19 a B	19 a B	3,05 aA	3,45 aA
CV%	21%		22,7%		20,2%		24,3%	

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na linha e maiúsculas diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a $P \leq 0,05$ (Tukey) ---- não avaliado.

Os maiores valores de RM encontrados ocorreram aos 18 DAE nas áreas pastejadas e aos 32 DAE nas áreas sem pastejo (TABELA 4). A atividade fúngica mais lenta sobre os resíduos recalcitrantes ainda presentes nessa área justificam tais resultados. Levando-se em consideração a maior quantidade de resteva nas áreas sem pastejo (ESTUDO I), é de esperar que a biomassa e a atividade microbiana sejam maiores e mantidas por mais tempo nessas áreas.

Dados de respiração basal e biomassa microbiana na palhada depositada sobre o solo aos 18DAE (TABELA 4 ESTUDO 1) mostram que os valores foram significativamente superiores na palhada proveniente do azevém pastejado. Os dados indicam também que, independente do pastejo, a biomassa e a atividade da microbiota foram maiores na palhada do que no solo, provavelmente em função da maior disponibilidade de nutrientes e da disponibilidade de formas menos complexas de carbono nesses resíduos, em comparação com o solo.

A biomassa microbiana do solo aos 46 DAE do feijão foi significativamente superior nas áreas sem pastejo, nos dois métodos de determinação utilizados (TABELAS 4 e 5) devido maior quantidade de resíduos nessas subparcelas (ESTUDO I). Segundo POWLSON et al (1987), a variação na quantidade do carbono da biomassa microbiana está relacionada com a quantidade de matéria orgânica que está presente no solo ou que é adicionada. GONÇALVES et al (1999) comparando diversas pastagens, relatou que a maior atividade microbiana em duas épocas do ano, verão e inverno, foi observada na pastagem que estava sem pastejo.

TABELA 5 - Carbono na biomassa microbiana por fumigação extração (BMFE), aos 46 DAE do feijão, a 0-5 e 5-10 cm de profundidade, em áreas sem (SP) e com (CP) pastejo, em Guarapuava, PR.

Profundidade	BMFE	
	SP	CP
0-5	455 a A	402b A
5-10	433 a A	335b A
CV%	26%	

Letras diferentes minúsculas na linha e maiúsculas na coluna: médias diferem entre si a $P \leq 0,05$ (Tukey). Todos os valores representam as médias dos dados coletados em 31/01/2008.

Houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre as profundidades, em todas as épocas de amostragem (TABELA 4). Na camada de 5-10 cm, ocorreu uma redução média de 35%, 47% e 48% na RB, BM e RM, em comparação com a camada de 0-5 cm, mesmo nas áreas pastejadas onde há renovação intensa de raízes. A camada

mais superficial do solo acumula maior quantidade de material orgânico que é depositado pelas plantas e animais, refletindo em uma maior quantidade de biomassa e maior atividade respiratória dessa camada (GONÇALVES et al, 1999; HAYNES, 1999).

Para os dados de quociente metabólico (qCO_2) houve efeito de profundidade, a eficiência metabólica na superfície do solo é maior provavelmente devido à predominância de fungos na biomassa ativa, enquanto que na camada subsuperficial a predominância é bacteriana, menos eficiente em reter carbono na sua biomassa. Observa-se também que na camada de 5-10 cm há uma tendência de o quociente metabólico ser maior nas áreas pastejadas, porém com significância estatística apenas no início do pastejo (4p) e aos 32 DAE do feijão, provavelmente devido ao maior enraizamento da gramínea nas áreas pastejadas e aos resíduos mais facilmente decomponíveis. Na camada de 0-5 cm não houve diferença estatística para pastejo.

O quociente metabólico (qCO_2) reduziu com as doses de nitrogênio nas áreas sem pastejo (FIGURA 5). Os resultados obtidos indicam que com maiores quantidades de resíduos no solo, ocorreu a diminuição na atividade metabólica e aumento da biomassa microbiana no solo sem pastejo.

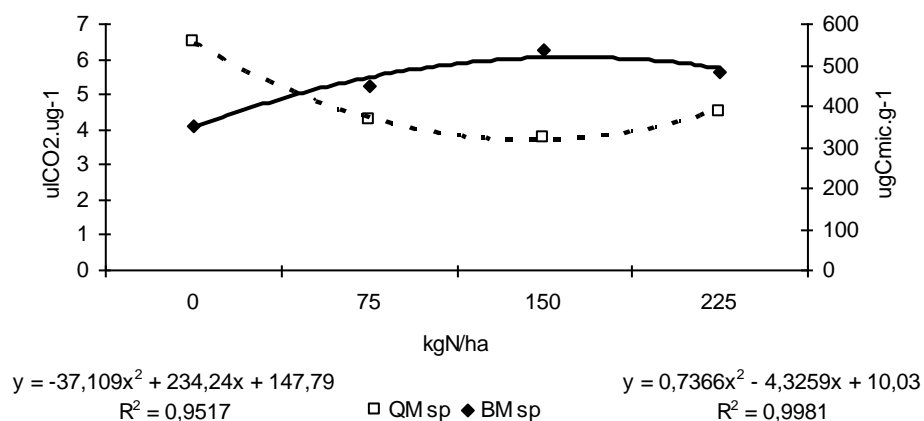


FIGURA 5 - Quociente metabólico (QM) e biomassa microbiana do solo (BM), aos 42 DAE do feijão, em áreas sem pastejo, na profundidade de 0 a 5 cm.

O aumento dos valores de BM associado à diminuição do qCO_2 , indica que a biomassa microbiana ainda estaria imobilizando nutrientes e carbono nessas áreas

aos 42 DAE do feijoeiro. Para ANDERSON; DOMSCH (1990), decréscimos nos valores de qCO_2 indicam uso mais eficiente do substrato e para BALOTA et al (1998) o qCO_2 diminui em agroecossistemas mais estáveis.

As relações carbono microbiano/carbono total do solo (Cmic/COT) e carbono microbiano/carbono na matéria orgânica particulada do solo (Cmic/CMOP) avaliadas aos 46 DAE, na camada de 0-5 cm, foram maiores nas áreas sem pastejo, indicando uma quantidade maior de carbono imobilizado na biomassa microbiana nestas áreas nessa época de avaliação (TABELA 6).

TABELA 6 - Relações carbono microbiano/carbono orgânico total (Cmic/COT) e carbono microbiano/carbono na matéria orgânica particulada (Cmic/CMOP), em percentagem, em duas épocas de amostragem na camada de 0-5 cm da área experimental. Média de 12 repetições. Guarapuava-PR, 2006/2007.

Época	Cmic/COT %		Cmic/CMOP %	
	SP	CP	SP	CP
Saída dos animais	1,42 a	1,32 a	15,94 a	14,98 a
CV%	13,7 %		27,8 %	
Colheita do feijão	2,12 a	1,71 b	29,14 a	23,01 b
CV%	18,6 %		23,7%	

Médias na linha, seguidas por letras minúsculas diferentes, diferem entre si a $P \leq 0,05$ (Tukey).

As percentagens de carbono microbiano em relação aos valores médios de carbono orgânico do solo variaram de 1,32 (CP) a 2,12 (SP). De acordo com JENKINSON; LADD (1981), 1 a 4% do carbono total do solo corresponde ao componente microbiano. ALVARENGA et al., (1999) encontraram valores semelhantes para pastagens nativa e cultivada. Os valores encontrados são também semelhantes aos obtidos por MILNE; HAYNES (2004), e AGBENIN; ADENIYI (2005) que encontraram para pastagens anuais e permanentes valores entre 0.3–5%, e aos de MERCANTE (2001) para sistemas de integração lavoura-pecuária.

Ao contrário de AGBENIN; ADENIYI (2005) e MOREIRA; COSTA (2004), não houve correlação do carbono orgânico do solo com a quantidade de carbono na biomassa microbiana. Considerando que a matéria seca remanescente do azevém pastejado decompõe-se mais rapidamente em função das alterações morfofisiológicas impostas pelo pastejo às gramíneas (SEMMARTIN; GHERSA, 2006; LANG, 2004), a reposição do estoque de carbono deverá ocorrer de forma mais lenta nas áreas não pastejadas, onde a quantidade de resíduos recalcitrantes é maior.

CONCLUSÕES

O tempo de imobilização de carbono e nutrientes na biomassa microbiana do solo é menor nas áreas sob pastejo.

As flutuações sazonais na biomassa microbiana e sua atividade são mais evidentes na camada de 0-5 cm.

A biomassa microbiana é mais eficiente em reter carbono na camada de 0-5 cm do solo.

A eficiência microbiana em reter carbono aumenta ao longo do tempo na camada de 0-5 cm.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGBENIN, J. O.; ADENIYI, T. The microbial biomass properties of a savanna soil under improved grass and legume pastures in northern Nigeria. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 109, p. 245-254, 2005.

ALVARENGA, M.I.N.; SIQUEIRA, J.O.; DAVIDE, A.C. Teor de carbono, biomassa microbiana, agregação e micorriza em solos de cerrado com diferentes usos. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.23, n.3, p.617-625, jul./set., 1999.

ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. Application of eco-physiological quotients (q_{CO_2} and q_D) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 22, n. 2, p 251-255, 1990.

BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p. 641-650, 1998.

CARVALHO, P. C. F. MORAES, A. de; ANGHINONI, I.; LANG, C. R.; SILVA, J. L. S.; SULC, R. M.; TRACY, B. F. Manejo da integração lavoura-pecuária em sistema de plantio direto na região de clima subtropical. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 10, 2006, Uberaba. **Resumos**. Uberaba: Federação Brasileira de Plantio direto na palha, 2006. p. 77-184.

CASSOL, L. C. **Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária m semeadura direta com calcário na superfície**. Porto Alegre: 2003. 114f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CATTELAN, A.J.; VIDOR, C. Sistemas de culturas e a população microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, p. 125-132, 1990.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. Humberto Gonçalves dos Santos, 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006.

ESPINDOLA, J.A.A; ALMEIDA, D.L. de; GUERRA, J.G.M.; SILVA, E.M.R.da. Nitrato e amônio de solo coberto com *Paspalum notatum* em um agroecossistema. **Floresta e Ambiente** V. 8, n.1, p.104 -113, jan./dez., 2001.

FRIGHETTO, R.T.S.; VALARINI, P.J. Indicadores biológicos e bioquímicos da qualidade do solo. **Manual Técnico**. EMBRAPA. 2005

FÖRSTER, B.; MUROYA, K.; GARCIA, M. Plant Growth and microbial activity in a tropical soil amended with faecal pellets from millipedes and woodlice. **Pedobiologia** 50 (2006) 281-290.

GONÇALVES, A. S.; MONTEIRO, M. T.; BEZERRA, F. E. A.; GUERRA, J. G. M.; DE-POLLI, H. Estudo de variáveis de solo, vegetação e condicionamento de amostras de solo sobre a biomassa microbiana do solo no Estado do Rio de Janeiro. Seropédica: EMBRAPA- CNPAB, 1999. 18p. (**Documentos**, 90)

HAYNES, R.J. Size and activity of the soil microbial biomass under grass and arable management. **Biol. Fertil. Soils**, v. 30, p. 210-216, 1999.

HEINEMEYER, O.; INSAM, H.; KAISER, E.A.; WALENZIK, G. Soil microbial biomass and respiration measurements: An automated technique based on infra-red gas analysis. **Plant and Soil**, v. 116, p. 191-195, 1989.

INGRAN, L.J.; SCHUMAN, G.E.; STAHL, P.D.; BUYER, J. Influence of grazing on soil microbial communities on a mixed grass prairie ecosystem. In: O'MARA, F.P. et al. (Eds) XX international Grassland Congress: offered papers. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, p.736, 2005.

JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil. Measurement and turnover. In: PAUL, E. A.; LADD, J. N. (Ed.). **Soil Biochemistry**. New York: Dekker, 1981. p.415-471.

LANG C. R.; PELISSARI, A.; MORAES, A. de; SULC, R. M.; OLIVEIRA, E. B. de; CARVALHO, P. C. F. Fitomassa aérea residual da pastagem de inverno no sistema integração lavoura-pecuária. **Scientia Agraria**, v. 5, n. 1-2, p. 43-48, 2004.

MERCANTE, F. Os microrganismos do solo e a dinâmica da matéria orgânica em sistemas de produção de grãos e pastagem. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. 14p. (Coleção Sistema Plantio Direto, 5).

MILNE, R. M.; HAYNES, R. J. Soil organic matter, microbial properties and aggregate stability under annual and perennial pastures. **Biol. Fertil. Soils**, v. 39, p. 172–178, 2004.

MOREIRA, A.; COSTA, D. G. Dinâmica da matéria orgânica na recuperação de clareiras da floresta amazônica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 10, p. 1013-1019, 2004.

POWLSON, D. S.; BROOKES, P. C.; CHRISTENSEN, B. T. Measurement of soil microbial biomass provides an indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, n. 2, p. 159-164, 1987.

SEMMARTIN, M.; GHERSA, C. M. Intraspecific changes in plant morphology, associated with grazing, and effects on litter quality, carbon and nutrient dynamics during decomposition. *Austral. Ecology*, v. 31, p. 99-105, 2006.

SILVA, J. E. da; RESCK, D. V. S. Matéria Orgânica do solo. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. p. 467 – 524.

SMITH, J. L.; PAUL, E. A. The significance of soil microbial biomass estimations. In: BOLLAG, J. M.; STOTZKY, G. (Ed). **Soil Biochemistry**. New York: Marcel Dekker, 1990. v. 6, p.357-395.

STATSOFT, Inc. (2000). **STATISTICA for Windows** [Computer program manual]. Tulsa, USA.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, p. 703-707, 1987.

XAVIER, F. A.; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S. de; MENDONÇA, E. de S. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na chapada da Ibiapaba-CE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 247-258, 2006.

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. **SANEST: sistema de análises estatísticas para microcomputadores**. Pelotas – UFPel, 1984. 75p.

5. ESTUDO III
CARBONO E NITROGÊNIO ORGÂNICO EM UM LATOSSOLO BRUNO SOB
AZEVÉM COM E SEM PASTEJO E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM
INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

RESUMO

A integração lavoura-pecuária consiste na rotação de produção animal e produção de grãos na mesma área sob plantio direto. Esse sistema pode atender as premissas básicas de sustentabilidade do sistema produtivo se mantidos os estoques de carbono do solo. Foram avaliados os efeitos de curto prazo do pastejo por ovinos e da adubação nitrogenada em azevém sobre as frações da matéria orgânica na camada de 0-5 cm de um Latossolo Bruno. As análises foram realizadas após a saída dos animais e após o cultivo do feijão que sucedeu à pastagem, no primeiro ano de instalação de um sistema de integração lavoura-pecuária em Guarapuava-PR. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso em parcelas subdivididas com três repetições. Os tratamentos foram doses de nitrogênio (0, 75, 150 e 225 kg N ha⁻¹) aplicadas na pastagem de azevém, com e sem pastejo por ovinos. O pastejo em azevém sem adubação nitrogenada, reduziu a quantidade de carbono e nitrogênio na matéria orgânica do solo. A adubação nitrogenada no azevém favoreceu a distribuição do carbono e do nitrogênio em classes maiores de agregados e manteve a matéria orgânica do solo nas áreas pastejadas. As alterações nos teores de carbono em curto prazo e em função das doses de nitrogênio foram mais perceptíveis nas frações na matéria orgânica particulada especialmente nas áreas pastejadas. Sob pastejo a dinâmica de mineralização e a incorporação de carbono e nitrogênio na matéria orgânica particulada do solo foram mais rápidas.

Palavras-chave: estoque de carbono, estoque de nitrogênio, matéria orgânica particulada, integração lavoura-pecuária.

ORGANIC CARBON AND NITROGEN IN A SOUTH BRAZILIAN OXISOL WITH AND WITHOUT RYEGRASS GRAZING AND NITROGENIZED FERTILIZATION IN CROP LIVESTOCK INTEGRATION.

ABSTRACT

The effects of short-term grazing by sheep and nitrogen in annual ryegrass on the organic matter fractions in the 0-5 cm layer of an Broadsoi Bruno were evaluated. Analyzes have been carried out after animals removed and the beans cultivation what happened to pasture in the first year of installation of integration crop livestock system in Guarapuava city. The experimental design was randomized blocks with three replications. The treatments were N rates (0, 75, 150 and 225 kg N ha⁻¹) applied to the ryegrass pasture, with and without grazing by sheep. The grazing on ryegrass without fertilization, reduce the carbon and nitrogen amount in soil organic matter. The nitrogen in ryegrass favored the carbon and nitrogen distribution in aggregates of larger classes and maintained the soil organic matter in the pasture. Changes in carbon levels in the short term, depending on the nitrogen levels were more visible in the particulate organic matter fractions in particular in the fields grazing. Under grazing the mineralization dynamics and carbon and nitrogen incorporation in particulate organic matter in soil was faster.

Key words: soil organic carbon, nitrogen stocks, particulate organic matter, crop livestock integration system

INTRODUÇÃO

A matéria orgânica é um importante indicador de qualidade do solo e do efeito de práticas de manejo sobre a sustentabilidade do sistema agrícola, pois está diretamente relacionada às propriedades físico-químicas e biológicas do solo (CARTER, 2002; BAYER; MIELNICZUCK, 2008).

Dentre as práticas de manejo que aumentam os estoques de carbono na matéria orgânica do solo estão o plantio direto, a rotação de culturas, o uso de leguminosas e a fertilização nitrogenada (LOVATO et al., 2004; MANNA et al., 2005; COSTA et al. 2008). Tais práticas podem favorecer o aporte de fitomassa em quantidades suficientes para compensar as perdas de carbono do sistema por decomposição microbiana, lixiviação e erosão.

O cultivo de plantas de cobertura no inverno na região Sul do País tem como objetivo a proteção do solo e a produção de fitomassa residual em quantidades suficientes para o plantio direto das culturas de verão. São comumente utilizadas a aveia e o azevém em cultivo solteiro ou consorciado (HEINRICHS et al., 2001; CRUSCIOL et al., 2005). Esse cultivo é considerado um investimento e, portanto a utilização de animais sob pastejo nessas áreas é uma alternativa de renda ao produtor durante o inverno (BALBINOT et al., 2008).

A integração lavoura-pecuária (ILP), ou seja, a rotação de produção animal e produção de grãos na mesma área sob plantio direto (NICOLOSO et al., 2006) é uma alternativa que pode atender as premissas básicas de sustentabilidade do sistema produtivo se mantidos os estoques de carbono do solo (FRANZLUEBBERS; STUEDEMANN, 2008). Porém dependendo da frequência de pastejo e do sistema de rotação de culturas de verão, a integração lavoura-pecuária pode ser uma fonte ou um dreno de carbono para a atmosfera (NICOLOSO et al., 2008).

NICOLOSO et al. (2008) relataram que em pastagem consorciada de aveia e azevém não adubada, o maior intervalo entre os pastejos durante o inverno, associado à utilização do milho no verão contribuiu para maiores adições de resíduos vegetais e acúmulo de carbono orgânico em um Argissolo no Rio Grande do Sul. Por outro lado, a maior frequência de pastejo e a utilização de leguminosas no verão reduziram os estoques de carbono do solo após quatro anos de ILP.

SOUZA et al. (2008) avaliaram o estoque de carbono orgânico em um latossolo vermelho distroférico sob sistema de integração lavoura-pecuária,

submetido por cinco anos a diferentes intensidades de pastejo no inverno e monocultura de soja no verão, e encontraram redução significativa no estoque de carbono orgânico particulado na área com maior intensidade de pastejo, contudo, sem alterações nos estoques de carbono orgânico total. Para os autores a manutenção dos estoques totais deve-se à proteção física da matéria orgânica em solos argilosos.

O pastejo reduz a quantidade de fitomassa aérea residual e promove alterações qualitativas na gramínea pastejada que aceleram a dinâmica de decomposição dos resíduos reduzindo a cobertura do solo. Porém, a adubação da pastagem associada ao controle da lotação animal pode permitir que a fitomassa residual da pastagem seja suficiente para o plantio direto da cultura em sucessão e para a preservação da matéria orgânica do solo, mesmo em rotação com leguminosas.

Estudos anteriores indicam que a mineralização do carbono e do nitrogênio dos resíduos é maior nas áreas pastejadas (ESTUDO I) e que a biomassa microbiana é mais eficiente em reter carbono e nutrientes na camada de 0-5 cm nas áreas não pastejadas (ESTUDO II), portanto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a contribuição de curto prazo do pastejo e da adubação nitrogenada sobre o acúmulo de carbono e nitrogênio na camada superficial, em duas classes de agregados, de um Latossolo Bruno sob sistema de integração lavoura-pecuária.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área experimental

O trabalho foi baseado em um experimento de campo instalado em junho de 2006, em área localizada no campus da Universidade Estadual do Centro-Oeste-UNICENTRO, em Guarapuava (PR). A área experimental foi utilizada para produção de soja em sistema de plantio direto no ano de 2004, e para produção de milho para silagem no verão de 2005/2006, após pousio no inverno. Em junho de 2006 foi instalado o sistema de integração lavoura-pecuária, em cujos experimentos foram realizadas as amostragens e as análises deste trabalho.

A área experimental localiza-se na região fisiográfica denominada Terceiro Planalto Paranaense, entre as coordenadas de 25° 33' latitude Sul e 51° 29'

longitude Oeste e tem altitude média de 1.095 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfb (MAAK, 1968). A precipitação anual varia de 1.400 a 1.800 mm e os meses de abril e maio são os mais secos (IAPAR, 1994). Os dados de precipitação pluviométrica e da temperatura do ar foram obtidos em uma estação climatológica situada ao lado da área experimental e constam na FIGURA 1

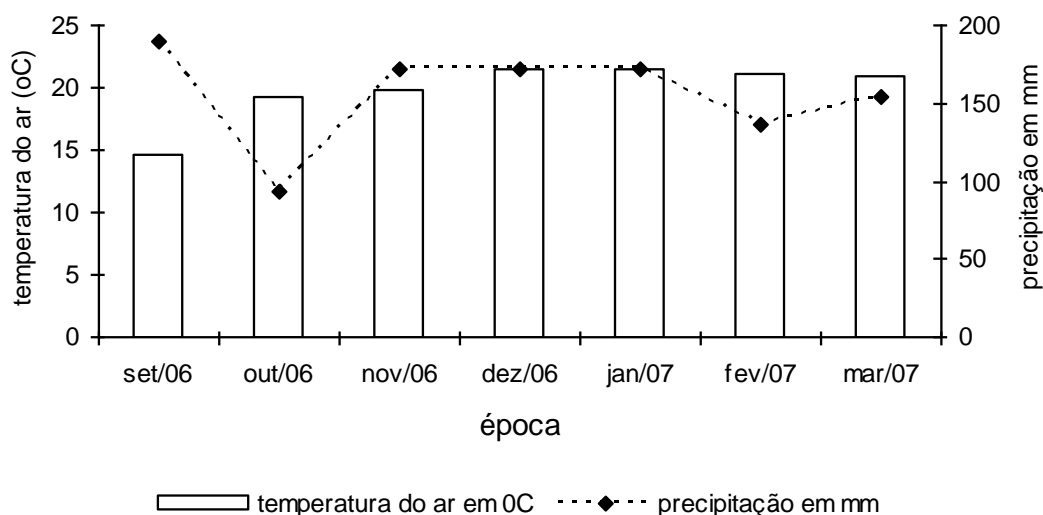


FIGURA 1 - Precipitação e temperatura média do ar durante o período experimental (mês/ano), em Guarapuava, PR.

O solo é classificado como Latossolo Bruno Distroférico típico, relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2006). As características físicas e químicas do solo no período experimental constam nas TABELAS 1 e 2.

TABELA 1. Caracterização da granulometria do solo (g kg^{-1}).

camadas	areia	silte	argila
0-5	80	306	614
5-10	70	316	613

TABELA 2 – Valores médios de pH em CaCl_2 , P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, CTC e V, nas profundidades de 0-5 e 5-10, em Guarapuava (PR).

Ano	Prof. (cm)	pH (CaCl_2)	mg/dm^3		Complexo Sortivo (cmol.dm^{-3})				pH 7,0 CTC	V (%)
			P	K	Ca	Mg	Al	H+Al		
2006	0 a 5	5,2	5,8	0,49	5,03	2,85	0,00	5,18	13,55	61,81
	5 a 10	5,2	2,9	0,23	4,62	2,90	0,00	5,01	12,77	60,70

Fonte: SANDINI, et al. (2008)

Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com três repetições. Os tratamentos foram doses de nitrogênio na forma de uréia, nas quantidades equivalentes de 0, 75, 150 e 225 kg N ha⁻¹ aplicadas na pastagem de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), com e sem pastejo por ovinos. O tamanho das parcelas avaliadas no experimento era de 96 m² durante o pastejo e de 14 m² durante a cultura do feijão.

Manejo da pastagem e do feijoeiro

A semeadura do azevém foi efetuada no dia 11 de junho de 2006. Foram aplicados 0 kg ha⁻¹ de N, 62,5 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 62,5 kg ha⁻¹ de K₂O como adubação de base e, 21 dias após a emergência (DAE), foi aplicado o nitrogênio, em dose única, conforme os tratamentos.

O pastejo foi iniciado no dia 26 de agosto, prolongando-se até o dia 15 de novembro, totalizando 81 dias de pastejo. O método de pastejo utilizado foi o de lotação contínua. A altura da pastagem foi mantida em 14 cm usando carga animal variável. Os animais foram retirados 19 dias antes da dessecação da pastagem, em 04/12/06, que foi realizada com 2,5 l ha⁻¹ de glifosate.

No dia 11/12/06 efetuou-se a semeadura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar FT soberano. O fósforo foi aplicado na base, na dosagem de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, sendo a fonte o superfosfato triplo. O potássio foi aplicado em cobertura, nos dias 10/12/06 e 08/01/07, nas quantidades de 100 e 90 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente, sendo a fonte o cloreto de potássio. O nitrogênio, na dosagem de 180 kg ha⁻¹, foi aplicado parcelado sendo 1/3 da dose na base e 2/3 em cobertura (03/01/07), sendo a fonte utilizada uréia. As plantas daninhas, pragas e doenças foram controladas durante todo o ciclo da cultura. A colheita do feijão ocorreu no dia 10/03/2007 e os resultados de produção de grãos constam em SANDINI et al. (2008).

Estimativa do aporte de carbono via resíduos vegetais

A matéria seca residual da pastagem foi determinada 21 dias após a saída dos animais por meio de corte da parte aérea em duas áreas representativas de 0.25 m². Após secagem determinou-se o peso da matéria seca e a conversão para um hectare. O resíduo da cultura do feijoeiro foi estimado com base na produção de grãos obtida (SANDINI et al., 2008) e no índice de colheita médio de 0,5 (FAGERIA; SANTOS, 1998). Os dados de produção de massa seca total do azevém foram determinados por PELEGRINI (2008). Para estimar as adições de carbono (C) via resíduos vegetais, considerou-se uma contribuição do sistema radicular equivalente a 30% da matéria seca da parte aérea e um teor médio de 40% de C na matéria seca total (LOVATO et al., 2004). O aporte de resíduos via excrementos animais não foi estimado, mas a carga animal aumentou linearmente com as doses de nitrogênio (PELEGRINI, 2008).

Amostragens de solo

As amostragens de solo foram realizadas aos seis dias após a saída dos animais, em 15/11/06 e 11 dias após a colheita do feijão, em 21/03/07. Com auxílio de pá cortadeira e espátula de pedreiro abriram-se trincheiras, sendo uma por parcela, e retiraram-se as amostras indeformadas do solo, nas profundidades de 0 a 5 cm e de 5 a 10 cm. Os blocos de amostra mediam 10 cm x 20 cm, com 5 cm de profundidade, os quais foram acondicionados em caixas plásticas.

Fracionamento úmido do solo em classes de agregados

Para a separação das classes de agregados ≥ 4 mm e < 4 mm, utilizou-se a metodologia do peneiramento úmido conforme SALTON (2005).

Fracionamento físico da matéria orgânica do solo (MOS)

O fracionamento físico da matéria orgânica foi realizado conforme metodologia proposta por CAMBARDELLA e ELLIOT (1992). Para tanto se utilizou uma proporção de 20 g de solo e 70 ml de hexametáfosfato de sódio (5 g l⁻¹). A mistura foi agitada por 15 horas em *shaker* horizontal. Após agitação, o material em suspensão foi passado em peneira de 53 μ m e lavado suavemente com água

utilizando-se um bico de aspersor adaptado à torneira. O material orgânico retido na peneira, e que consiste na matéria orgânica particulada do solo, foi seco em estufa a 60 °C para determinação da massa seca. As amostras de solo total, das duas classes de agregados e da matéria orgânica particulada em cada classe, foram moídas em gral de porcelana até obtenção de um material homogêneo com granulometria menor que 0.5 mm.

As concentrações de carbono orgânico e nitrogênio total (COT e NT) e na matéria orgânica particulada (CMOP e NMOP) foram analisados por combustão seca, no laboratório de Biogeoquímica da Universidade Federal do Paraná (UFPR), em Analisador Vario EL III Elementar.

As concentrações de carbono e nitrogênio da fração associada aos minerais (CMOM e NMOM) foram obtidas pela subtração dos valores de CMOP e NMOP dos valores de COT e NT, respectivamente (SALTON, 2005).

Estoques de carbono e nitrogênio nas frações da matéria orgânica na profundidade de 0-5 cm.

Para a camada de 0-5 cm de cada unidade experimental, calculou-se o estoque de carbono orgânico total (COT) e de nitrogênio total (NT) em Mg ha^{-1} , multiplicando-se a concentração de carbono (C) e de nitrogênio (N) (em %) pela densidade do solo (g cm^{-3}) e pela espessura da camada em cm.

Como a densidade do solo varia com o manejo, considerou-se como referência a densidade média de $1,1 \text{ g cm}^{-3}$, obtida no tratamento sem pastejo e sem adubo nitrogenado (ANDREOLLA et al., 2009).

Para a análise estatística utilizou-se o programa SANEST (ZONTA, 1984).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estoques de COT e NT na camada de 0 a 5 cm.

Os estoques de COT foram em média de $19,86 \text{ Mg ha}^{-1}$ e $19,70 \text{ Mg ha}^{-1}$ nas coletas realizadas após a saída dos animais e após a colheita do feijão, respectivamente (TABELA 3). Esses valores são inferiores ao relatado por COSTA et al., (2004) para um Latossolo Bruno também no município de Guarapuava, PR.

Os autores encontraram valores de COT de 22,0 Mg ha⁻¹ na camada de 0 a 5 cm e esse conteúdo refletiu o histórico de 21 anos de plantio direto.

Ocorreu interação significativa entre doses, pastejo e épocas de coleta para os estoques de COT e NT (TABELA 3), e C e N associados aos minerais (TABELA 4).

Nas parcelas sem adubação nitrogenada do azevém, o pastejo reduziu significativamente os estoques de C e N. O aporte de carbono via resíduos vegetais nas parcelas sem adubo nitrogenado e com pastejo, estimada em 2,5 Mg ha⁻¹, não foi suficiente para manter os estoques de carbono do solo em curto prazo (TABELA 5). Por outro lado, a adubação nitrogenada no azevém aumentou o aporte de resíduos vegetais e animais preservando a matéria orgânica do solo sob azevém pastejado.

TABELA 3 - Estoques totais de carbono, nitrogênio e relação C/N, em Mg ha⁻¹, na camada de 0 a 5 cm de profundidade, em um Latossolo Bruno cultivado com feijão em sucessão à pastagem de azevém adubada com doses crescentes de nitrogênio, com e sem pastejo, em duas épocas de amostragem.

Pastejo	COT		NT		C/N	
	saída dos animais	colheita do feijão	saída dos animais	colheita do feijão	saída dos Animais	colheita do feijão
0N						
Sem pastejo	19,61 aA	20,52 aA**	1,33 aA	1,40 aA**	14,77 aA	14,64 aA
Com pastejo	20,03 aA	18,00 aB	1,38 a**A	1,19 bB	14,50 bA	15,00 a**A
75N						
Sem pastejo	19,77 aA	20,26 aA	1,36 aA	1,39 aA	14,56 aA	14,5 aA
Com pastejo	21,58 aA	20,54 aA	1,47 aA	1,41 aA	14,68 aA	14,62 aA
150N						
Sem pastejo	18,95 aA	20,40 aA	1,28 aA	1,41 aA	14,83 aA	14,48 aA
Com pastejo	20,83 aA	19,34 aA	1,44 aA	1,30 aA	14,41 aA	14,81 aA
225N						
Sem pastejo	19,59 aA	18,61 aA	1,34 aA	1,27 aA	14,62 aA	14,66 aA
Com pastejo	18,52 aA	19,99 aA	1,23 aA	1,39 aA	15,04 a**A	14,33 bA

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 1% (*) ou 5% (**). COT (CV = 6,18%; DMS 1% = 2,75; DMS 5% = 2,04); NT (CV = 7,83%; DMS 1% = 0,24; DMS 5% = 0,17); C/N T (CV = 2,233%; DMS 1% = 0,73; DMS 5% = 0,54).

TABELA 4 - Estoques de carbono, nitrogênio e relação C/N, na matéria orgânica associada aos minerais, em Mg ha^{-1} , na camada de 0 a 5 cm de profundidade, em um Latossolo Bruno cultivado com feijão em sucessão à pastagem de azevém adubada com doses crescentes de nitrogênio, com e sem pastejo, em duas épocas de amostragem.

Pastejo	CMOM		NMOM		C/N MOM	
	saída dos animais	colheita do feijão	saída dos animais	colheita do feijão	saída dos animais	colheita do feijão
0N						
Sem pastejo	17,73 aA	18,94 aA**	1,21 aA	1,31 aA**	14,57 aA	14,45 aA
Com pastejo	18,20 aA	16,99 aB	1,27 aA	1,14 aB	14,30 bA	14,90 a**A
75N						
Sem pastejo	17,58 aA	18,70 aA	1,24 aA	1,30 aA	14,19 aA	14,34 aA
Com pastejo	18,90 aA	18,71 aA	1,32 aA	1,30 aA	14,29 aA	14,41 aA
150N						
Sem pastejo	17,41 aA	18,81 aA	1,18 aA	1,32 aA	14,73 aA	14,26 aA
Com pastejo	18,84 aA	17,23 aA	1,32 aA	1,18 aA	14,29 aA	14,65 aA
225N						
Sem pastejo	18,05 aA	17,39 aA	1,25 aA	1,20 aA	14,44 aA	14,48 aA
Com pastejo	17,12 aA	18,66 aA	1,16 bA	1,31 a**A	14,82 a**A	14,20 bA

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 1% (*) ou 5% (**).CMOM (CV = 5,61%; DMS 1% = 2,28; DMS 5% = 1,69); NMOM (CV = 7,33%; DMS 1% = 0,20; DMS 5% = 0,15); C/N MOM (CV = 2,43%; DMS 1% = 0,78; DMS 5% = 0,58).

TABELA 5 - Estimativa das adições de carbono pelos resíduos vegetais ao solo em função da dose de N aplicada na pastagem e da presença de ovinos sob pastejo no primeiro ano de integração lavoura-pecuária, em Guarapuava – PR.

Dose	Manejo	kg MS ha^{-1}		Total	C via resíduos Mg C ha^{-1}
		Azevém	Feijão		
0	Sem Pastejo	6500	2883	9383	3,8
	Com Pastejo	3228	2911	6139	2,5
75	Sem Pastejo	7973	2986	10959	4,4
	Com Pastejo	4809	3052	7862	3,1
150	Sem Pastejo	9057	3208	12266	4,9
	Com Pastejo	5388	3159	8547	3,4
225	Sem Pastejo	10357	3146	13503	5,4
	Com Pastejo	6633	3111	9744	3,9
Média	Sem Pastejo	8472	3056	11528	4,6
	Com Pastejo	5015	3059	8073	3,2

De acordo com LOVATO et al., (2004); LOSS et al., (2008) e NICOLOSO et al., (2008) os estoques de carbono orgânico nas camadas superficiais do solo estão diretamente relacionados à adição de carbono via resíduos vegetais. No presente estudo, o aporte estimado de carbono via resíduos vegetais foi em média 30% maior na área sem pastejo (TABELA 5). O aporte de resíduos na área não adubada pastejada foi superior à quantidade estimada por COSTA et al., (2004) para preservar os estoques de carbono em um Latossolo Bruno de Guarapuava. Estes

autores mostraram que, para um incremento acumulado de $3,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ de carbono orgânico total após 21 anos de plantio direto, foi necessária uma quantidade média de $5,7 \text{ Mg}$ de fitomassa $\cdot \text{ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ou $2,3 \text{ Mg}$ de $\text{C} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Portanto, apesar da quantidade de resíduos obtidas nas áreas pastejadas e sem adubo nitrogenado serem maiores que as preconizadas na literatura como suficientes para a integração lavoura-pecuária (ASSMANN et al., 2003), o presente estudo mostra que, devido à maior dinâmica de mineralização do carbono e do nitrogênio dos resíduos (ESTUDO I) e à mineralização mais rápida da biomassa microbiana do solo (ESTUDO II), esse aporte deverá ser, no mínimo, de $3,1 \text{ Mg}$ de $\text{C} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

NICOLOSO et al. (2008) estimaram em $4,5 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, a quantidade necessária de carbono via resíduos, provenientes da pastagem e da cultura anual, para a manutenção do estoque original de carbono orgânico do solo na camada de 0-10 cm de um Argissolo no Rio Grande do Sul. Nesse trabalho como a pastagem consorciada de aveia e azevém não foi adubada, o aporte de carbono via resíduos dependeu da fitomassa produzida pela cultura de verão.

O estoque de carbono do solo é o resultado das entradas de carbono por meio de resíduos e das saídas de carbono do sistema via oxidação microbiana, erosão e lixiviação ao longo do tempo (BAYER; MIELNICZUCK, 2008). O período do verão, devido a maior disponibilidade de água e temperaturas mais elevadas, favoreceu o aumento na taxa de decomposição dos resíduos (ESTUDO I) e também favoreceu a velocidade das reações químicas no solo, com uma mineralização rápida da MOS, levando às diferenças nos estoques de COT.

Alterações em curto prazo nos estoques totais e associados aos minerais não são esperadas, principalmente em solos argilosos como o do presente estudo. No entanto, reduções nos estoques de COT e CMOM em curto prazo em função do manejo foram observadas por outros autores (LOSS et al., 2008 e FRANZLUEBBERS et al., 2008).

As relações C/N médias da matéria orgânica total (C/N T) e associada aos minerais (C/N MOM) foram de 14,6 e 14,4, respectivamente (TABELAS 3 e 4). A similaridade se justifica porque mais de 90% da MOS correspondeu a fração associada aos minerais nas duas coletas. A relação C/N da matéria orgânica particulada foi de 17,2, portanto mais elevada em relação às demais frações por corresponder ao material de deposição mais recente (TABELA 6).

TABELA 6 - Estoques de carbono, nitrogênio e relação C/N, na matéria orgânica particulada (MOP), em Mg ha^{-1} , na camada de 0 a 5 cm de profundidade, em um Latossolo Bruno cultivado com feijão em sucessão à pastagem de azevém adubada com doses crescentes de nitrogênio, com e sem pastejo, em duas épocas de amostragem.

Pastejo	CMOP		NMOP		C/N	
	saída dos animais	colheita do feijão	saída dos animais	colheita do feijão	saída dos animais	colheita do feijão
0N						
Sem pastejo	1,87 aA	1,58 aA	0,11 aA	0,09 aA	16,91 aA	17,38 aA
Com pastejo	1,83 a**A	1,01 bA	0,11 a**A	0,06 bA	16,73 aA	18,19 aA
75N						
Sem pastejo	2,19 a**A	1,56 bA	0,11 aA	0,09 aA	18,44 a**A	16,58 bA
Com pastejo	2,67 a**A	1,82 bA	0,15 a**A	0,10 bA	18,23 aA	17,35 aA
150N						
Sem pastejo	1,54 aA	1,59 aA	0,09 aA	0,09 aB	16,20 aA	17,67 aA
Com pastejo	1,98 aA	2,11 aA	0,12 aA	0,13 aA**	15,73 aA	16,30 aA
225N						
Sem pastejo	1,54 aA	1,21 aA	0,09 aA	0,06 aA	17,07 aA	18,06 aA**
Com pastejo	1,40 aA	1,33 aA	0,07 aA	0,08 aA	18,24 a**A	16,24 bB

Médias seguidas por letra distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 1% (*) ou 5% (**).CMOP (CV = 21,4%; DMS 1% = 0,82; DMS 5% = 0,611); NMOP (CV = 22,7%; DMS 1% = 0,051; DMS 5% = 0,037); C/N MOP (CV = 6,05%; DMS 1% = 1,65; DMS 5% = 1,22).

Houve efeito da adubação nitrogenada sobre o C e o N na matéria orgânica particulada do solo (MOP), porém apenas nas áreas pastejadas (FIGURAS 2 e 3). Sob pastejo, a dinâmica de decomposição dos resíduos e a consequente deposição de material orgânico particulado no solo é mais rápida.

Na saída dos animais observa-se maior estoque de C e N na MOP nos tratamentos 0N e 75 N (FIGURAS 2 e 3) provavelmente porque nessas subparcelas o azevém já estava em processo de senescência, porém, devido ao menor aporte de resíduos nesses tratamentos a MOP reduziu significativamente ao longo do período experimental (TABELA 6).

A adubação nitrogenada aumentou a produção do azevém e a carga animal na área e consequentemente o estoque de C e N na MOP do solo, porém esse efeito positivo foi observado apenas na amostragem realizada após a colheita do feijão, pois nessa época mais de 50% dos resíduos do azevém pastejado já estava decomposta e, provavelmente, parcialmente incorporada como MOP.

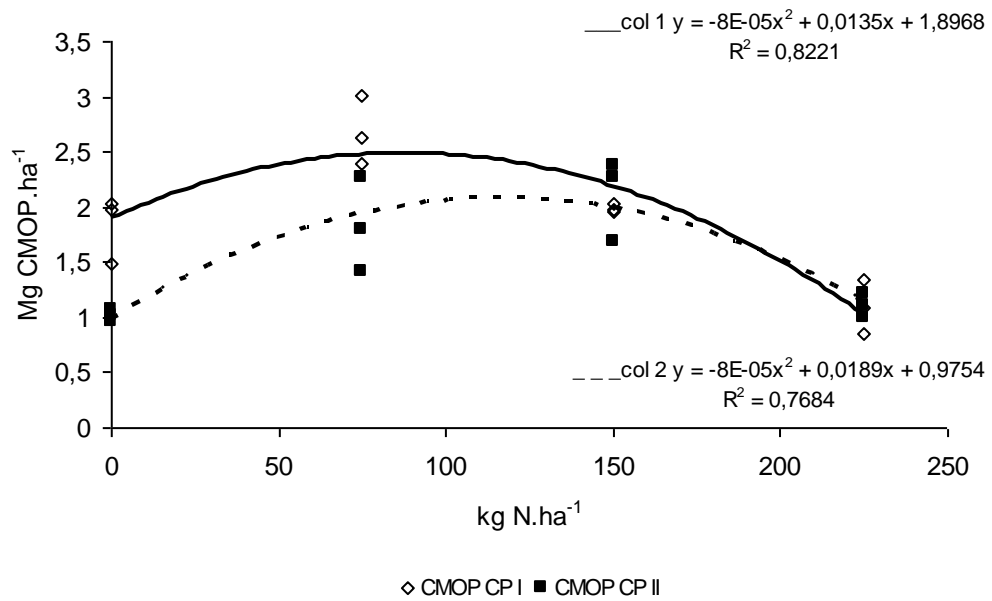


FIGURA 2 – Carbono na matéria orgânica particulada (CMOP) em Mg ha^{-1} , em função das doses de N aplicadas na pastagem, em subparcelas pastejadas, em duas épocas de coleta, após a saída dos animais (CPI) e após a colheita do feijão (CPII).

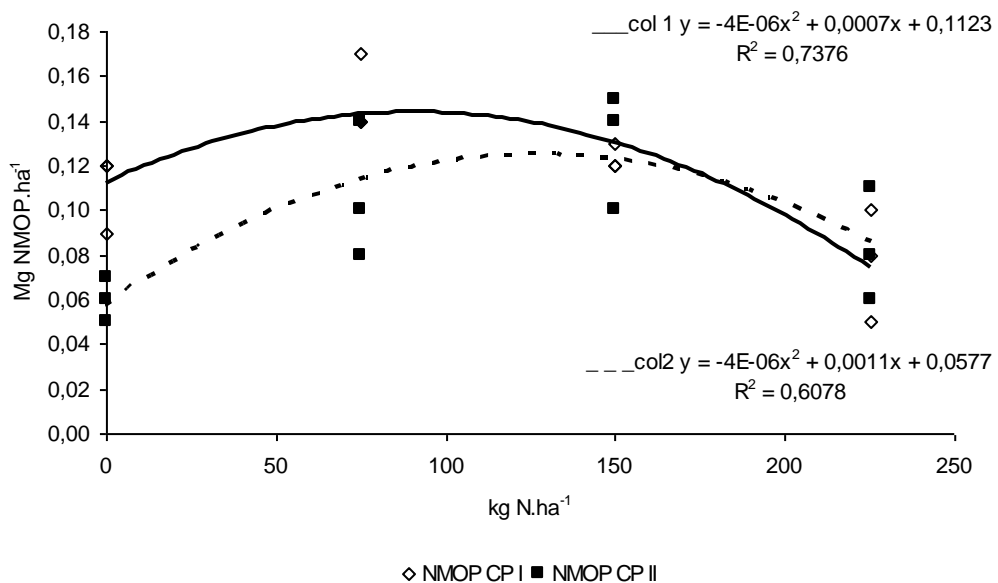


FIGURA 3 – Nitrogênio na matéria orgânica particulada (NMOP) em Mg ha^{-1} , em função das doses de N aplicadas na pastagem, em subparcelas pastejadas, nas duas épocas de coleta, após a saída dos animais (CPI) e após a colheita do feijão (CPII).

No presente trabalho a matéria orgânica particulada do solo (MOP) foi mais sensível em mostrar os efeitos dos tratamentos. Outros autores também relatam a sensibilidade da matéria orgânica particulada em responder mais prontamente ao manejo (PORTUGAL et al., 2008; SOUZA, et al., 2008).

Os resultados indicam que para 0N e 75N o aporte de resíduos foi insuficiente para repor a mineralização da matéria orgânica. De acordo com ZINN et al. (2007), a maior parte da MOP não está protegida da mineralização dentro dos agregados, pois o controle estrutural do solo na retenção de carbono é restrito a uma pequena parte da MOP total, e depende da textura do solo. Por outro lado, a adubação nitrogenada na pastagem pode manter os estoques de matéria orgânica devido a maior quantidade de resíduos disponibilizados.

Estoques de COT, NT, CMOP, NMOP, CMOM e NMOM nas classes de agregados ≥ 4 mm e < 4 mm, da camada de 0 a 5 cm.

Apesar das doses crescentes de nitrogênio na pastagem não aumentarem os teores de carbono e nitrogênio totais do solo (TABELA 3), esses nutrientes foram, com o tempo, incorporados às classes maiores de agregados. Houve interação significativa entre coleta e classes de agregados.

Nas TABELAS 7 e 8 são apresentados os valores médios de C e N, em Mg ha⁻¹ e em percentagem, para cada fração da matéria orgânica distribuídas nas duas classes de agregados, por época de coleta. Os dados indicam que na primeira coleta, realizada após a saída dos animais, as maiores percentagens de C e N nas diversas frações da matéria orgânica encontravam-se na classe de agregados menores que 4 mm, e que na coleta 2, realizada após a colheita do feijão, as maiores percentagens encontravam-se na classe de agregados iguais ou maiores que 4 mm.

TABELA 7 - Estoques, em Mg ha⁻¹, carbono e nitrogênio totais (COT e NT), na matéria orgânica particulada (CMOP e NMOP) e associada aos minerais (CMOM e NMOM) por época de coleta em cada classe de agregados. Médias de 24 repetições.

Época	Classe < 4mm		Classe ≥ 4 mm	
	COT			
Saída dos animais	10,35 a*A**		9,19 bB	
Colheita do feijão	8,62 bB		11,08 a*A*	
CMOP				
Saída dos animais	1,09 a*A*		0,75 aB	
Colheita do feijão	0,72 bA		0,80 aA	
CMOM				
Saída dos animais	9,25 a*A		8,44 bA	
Colheita do feijão	7,89 bB		10,28 a*A*	
NT				
Saída dos animais	0,70 a*A**		0,62 bB	
Colheita do feijão	0,58 bB		0,75 a*A*	
NMOP				
Saída dos animais	0,06 a*A*		0,04 aB	
Colheita do feijão	0,04 bA		0,05 aA	
NMOM				
Saída dos animais	0,64 a*A		0,58 bA	
Colheita do feijão	0,54 bB		0,71 a*A*	

Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 1% (*) ou 5% (**). CV%; DMS1%; DMS5% = COT: 16,5%; 1,21119; 0,91308. CMOP: 31,72%; 0,20428; 0,15400. CMOM: 15,77%; 1,08102; 0,81495. NT: 17,38%; 0,08905; 0,06713. NMOP: 34,16%; 0,01288; 0,00971. NMOM: 17,03%; 0,08073; 0,06086.

TABELA 8 - Percentagens dos estoques de carbono e nitrogênio totais (COT e NT), na matéria orgânica particulada (CMOP e NMOP) e associada aos minerais (CMOM e NMOM) em cada classe de agregado, em duas épocas de coleta.

Coleta 1	soma das classes (100%)	<4 %	≥4 %
COT	19,54	52,97	47,03
NT	1,32	53,03	46,97
CMOP	1,84	59,24	40,76
NMOP	0,10	60,00	40,00
CMOM	17,69	52,29	47,71
NMOM	1,22	52,46	47,54
Coleta 2			
COT	19,70	43,76	56,24
NT	1,33	43,61	56,39
CMOP	1,52	47,37	52,63
NMOP	0,09	44,44	55,56
CMOM	18,17	43,42	56,58
NMOM	1,25	43,20	56,80

A redistribuição do carbono e do nitrogênio nas classes de agregados reflete a evolução do solo em função do manejo, pois foi afetada pelos fatores testados. Ocorreu interação entre dose, coleta, classe e pastejo para as variáveis COT, NT, CMOM e NMOM (TABELAS 9 e 10).

TABELA 9 - Estoques totais de carbono (COT), nitrogênio (NT) e relação C/N, em Mg ha⁻¹, na camada de 0 a 5 cm de profundidade, em duas classes de agregados (< 4 e ≥ 4 mm), de um Latossolo Bruno cultivado com feijão em sucessão à pastagem de azevém adubada com doses crescentes de nitrogênio, com (CP) e sem pastejo (SP), em duas épocas de amostragem, após a saída dos animais (I) e após a colheita do feijão (II).

	COT				NT				C/N T			
	< 4 mm		≥ 4 mm		< 4 mm		≥ 4 mm		< 4 mm		≥ 4 mm	
	SP	CP	SP	CP	SP	CP	SP	CP	SP	CP	SP	CP
	0N											
I	10,44 aA	10,87 aA	9,17 aA	9,16 aA	0,71 aA	0,76 a**A	0,61 aA	0,62 aA	14,63 aA	14,27 b	14,94	14,89
II	12,10 aA*	8,29 aB	8,42 aA	9,71 aA	0,82 aA**	0,54 bB	0,58 aA	0,65 aA	14,73 aA	15,14 a*	14,55	14,96
	75N											
I	9,7 aA	10,76 a*A	10,08 aA	8,24 bA	0,67 aA	0,74 a*A	0,69 aA	0,55 bA	14,52 aA	14,62	14,61	14,76
II	9,40 aA*	5,96 bB	10,86aB	14,57 a*A*	0,65 aA*	0,40 bB	0,74 aB	1,00 a*A*	14,47 aA	14,82	14,53	14,54
	150N											
I	10,21 aA	10,45 aA	8,75 bA	10,37 aA	0,69 aA	0,73 aA	0,58 bA	0,71 aA	14,85 aA	14,36	14,81	14,47
II	7,74 aA	8,17 aA	12,66 a*A	11,17 aA	0,53 aA	0,56 aA	0,88 a*A	0,75 aA	14,58 aA	14,75	14,41	14,86
	225N											
I	10,98 a**A	9,38 aA	8,6 aA	9,14 aA	0,74 aA	0,62 aA	0,59 aA	0,61 aA	14,77 aA	15,03 a**	14,55	15,04 a**
II	8,30 bA	8,98 aA	10,31 aA	11,01 aA	0,57 aA	0,63 aA	0,7 aA	0,76 aA	14,57 aA	14,24 b	14,74	14,39 b

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha (para cada classe), diferem entre si ao nível de significância (* 1%; ** 5%) indicado. (COT: CV% = 16,15%; D.M.S. 5% = 2,58259; D.M.S. 1% = 3,42576), (NT = CV% = 17,38%; D.M.S. 5% = 0,18988; D.M.S. 1% = 0,25187); (C/N T = CV% = 2,69%; D.M.S. 5% = 0,64418; D.M.S. 1% = 0,85449).

TABELA 10 - Estoques de carbono, nitrogênio e relação C/N na matéria orgânica associada aos minerais (MOM), em Mg ha⁻¹, na camada de 0 a 5 cm de profundidade, em duas classes de agregados de um Latossolo Bruno cultivado com feijão em sucessão à pastagem de azevém adubada com doses crescentes de nitrogênio, com (CP) e sem pastejo (SP), em duas épocas de amostragem, após a saída dos animais (I) e após a colheita do feijão (II).

	CMOM				NMOM				C/N MOM			
	< 4 mm		≥ 4 mm		< 4 mm		≥ 4 mm		< 4 mm		≥ 4 mm	
	SP	CP	SP	CP	SP	CP	SP	CP	SP	CP	SP	CP
0N												
I	9,32 aA	9,76 aA	8,41 aA	8,44 aA	0,64 aA	0,69 a**A	0,57 aA	0,58 aA	14,43	14,05 b	14,74	14,73
II	11,10 aA*	7,70 aB	7,83 aA	9,29 aA	0,76 aA*	0,51 bB	0,54 aA	0,62 aA	14,54	14,96 a**	14,35	14,85
75N												
I	8,41 aA	9,13 a*A	9,17 aA	7,49 bA	0,6 aA	0,64 a*A	0,64 aA	0,52 bA	14,08	14,18	14,30	14,45
II	8,69 aA*	5,46 bB	10,00 aB	13,24 a*A*	0,61aA*	0,37 bB	0,69 aB	0,92 a*A*	14,29	14,64	14,40	14,32
150N												
I	9,29 aA	9,33 aA	8,13 bA	9,51 aA	0,63 aA	0,65 aA	0,55 bA	0,66 aA	14,77	14,21	14,68	14,37
II	7,05 aA	7,18 aA	11,75 a*A	10,05 aA	0,49 aA	0,49 aA	0,82 a*A	0,68 aA	14,32	14,60	14,23	14,70
225N												
I	10,10 a**A	8,69 aA	7,94 aA	8,43 aA	0,69 aA	0,59 aA	0,55 aA	0,57 aA	14,62	14,84	14,34	14,79
II	7,72 bA	8,26 aA	9,68 aA	10,39 aA	0,53 aA	0,58 aA	0,66 aA	0,73 aA	14,38	14,09	14,57	14,29

Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha (para cada classe), diferem entre si ao nível de significância (* 1%; ** 5%) indicado. (CMOM: CV% = 15,77%; D.M.S. 5% = 2,30504; D.M.S. 1% = 3,05759), (NMOM = CV% = 17,013 %; D.M.S. 5% = 0.17214; D.M.S. 1% = 0.22834); (C/N MOM = CV% = 2,90%; D.M.S. 5% = 0.69554; D.M.S. 1% = 0.92261).

Após a colheita do feijão, as subparcelas pastejadas com 0N apresentaram os menores estoques de C e N total (TABELA 9) e na matéria orgânica associada aos minerais (TABELA 10), na classe de agregados menores que 4 mm. Nessas subparcelas ocorreu redução significativa do estoque de N total e associado aos minerais, entre as duas épocas de coleta. Portanto a classe de agregados menores foi mais suscetível a mineralização da matéria orgânica do solo e a liberação de N dos estoques.

As diferenças entre subparcelas com e sem pastejo após a colheita do feijão, também foram significativas para 75N. O pastejo reduziu significativamente o estoque de C e N totais, na MOM e na MOP, na classe de agregados menores, e aumentou os estoques na classe de agregados maiores (TABELAS 9, 10 e 11). Ao contrário de 0N, para 75 N ocorreu mudança do estoque entre classes de agregados sem perdas de C e N da matéria orgânica do solo.

Os dados indicam que a MOS é mais suscetível a mineralização na classe de agregados menores e que mudanças no nível de agregação do solo tendem a proteger a matéria orgânica.

Nos tratamentos 150 e 225 não ocorreram diferenças significativas entre áreas com e sem pastejo, o que sugere a importância da adubação nitrogenada da pastagem para a manutenção de C e N na matéria orgânica do solo.

A menor quantidade de matéria seca produzida nas subparcelas pastejadas e nas menores doses de N, o solo menos protegido, e as condições climáticas favoráveis à ação microbiana podem explicar tais resultados, pois nessas condições as perdas de matéria orgânica superaram o aporte de resíduos na área.

TABELA 11 - Estoques de carbono, nitrogênio e relação C/N na matéria orgânica particulada (MOP), em Mg ha⁻¹, na camada de 0 a 5 cm de profundidade, em duas classes de agregados de um Latossolo Bruno cultivado com feijão em sucessão à pastagem de azevém adubada com doses crescentes de nitrogênio, com (CP) e sem pastejo (SP), em duas épocas de amostragem, após a saída dos animais (I) e após a colheita do feijão (II).

	CMOP				NMOP				C/N MOP			
	< 4 mm		≥ 4 mm		< 4 mm		≥ 4 mm		< 4 mm		≥ 4 mm	
	SP	CP	SP	CP	SP	CP	SP	CP	SP	CP	SP	CP
0N												
I	1,11aA	1,10 a*A	0,76 aA	0,72 aA	0,07 aA	0,07 aA	0,04 aA	0,04 aA	16,52	16,58	17,47	17,34
II	0,99 aA	0,59 bA	0,59 aA	0,42 aA	0,06 aA	0,03 aA	0,03 aA	0,02 aA	17,24	18,36	17,71	18,10
75N												
I	1,28 a*A	1,63 a*A	0,91 aA	0,75 bA	0,07 aA	0,09 a*A	0,05 aA	0,04 bA	18,23	17,91	18,77 a**	18,62
II	0,70 bA	0,50 bA	0,85 aB	1,32 a**A**	0,04 aA	0,03 bA	0,06 aA	0,07 a*A	17,01	17,32	16,26 b	17,38
150N												
I	0,92 aA	1,12 aA	0,62 aA	0,86 aA	0,06 aA	0,07 aA	0,04 aA	0,06 aA	15,94	15,69	16,71	15,77
II	0,68 aA	0,98 aA	0,89 aA	1,12 aA	0,04 aA	0,06 aA	0,05 aA	0,07 aA	17,89	16,00	17,52	16,56
225N												
I	0,87 aA	0,69 aA	0,66 aA	0,7 aA	0,05 aA	0,04 aA	0,04 aA	0,04 aA	16,68	17,96	17,96	18,49 a**
II	0,58 aA	0,72 aA	0,63 aA	0,61 aA	0,03 aA	0,05 aA	0,04 aA	0,04 aA	18,01	16,36	18,04	16,25 b

Medias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha (para cada classe), diferem entre si ao nível de significância (* 1%; ** 5%) indicado. (CMOP: CV% = 31,72%; D.M.S. 5% = 0,43559; D.M.S. 1% = 0,57780), (NMOP: CV% = 34,162%; D.M.S. 5% = 0,02747; D.M.S. 1% = 0,03644); (C/N MOP: CV% = 7,17%; D.M.S 5% = 2,01899; D.M.S 1% = 2,67815).

Na coleta 1, observou-se o efeito quadrático das doses de nitrogênio sobre o CMOP apenas nas áreas pastejadas e na classe menor que 4 mm (FIGURA 4).

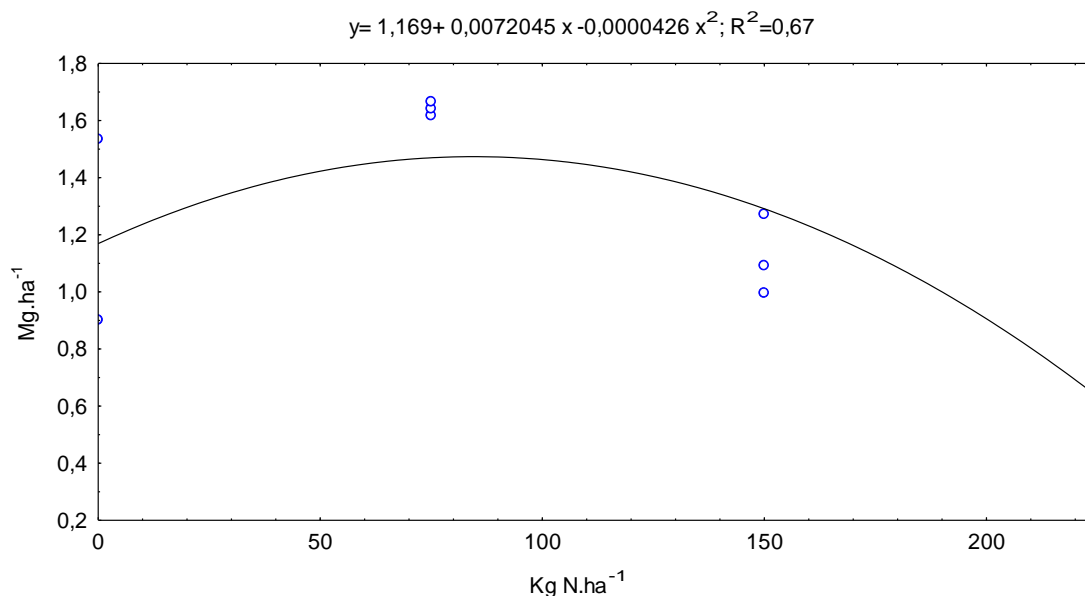


FIGURA 4 - Carbono na matéria orgânica particulada (CMOP) em Mg ha⁻¹, coleta1, na classe de agregados menor que 4, em parcelas com pastejo.

Os dados indicam que a mineralização dos resíduos e a incorporação de carbono na matéria orgânica particulada é mais rápida nas áreas pastejadas e ocorre inicialmente nas classes menores de agregados. O gráfico mostra também a recalitrância dos resíduos do azevém adubado com 225 kg N ha⁻¹.

Os maiores teores de CMOP foram observados nos tratamentos 0N e 75N na coleta realizada logo após a saída dos animais, indicando uma incorporação mais imediata de carbono nessas doses (FIGURA 4).

Porém na segunda coleta observa-se finalmente o efeito positivo das adubações nitrogenadas em aumentar o CMOP (FIGURA 5) e o NMOP (FIGURA 6) nas áreas pastejadas na classe de agregados maiores que 4 mm pois na segunda coleta, realizada após a colheita do feijão, a maior parte dos resíduos vegetais da pastagem já estava decomposta (ESTUDO I).

Resultados encontrados por NICOLOSO et al (2008) e LOSS et al., (2008) demonstram que a variação dos teores de MOP entre as diferentes áreas estudadas, na profundidade de 0-5 cm, é dependente da adição de resíduos vegetais, ou seja,

sistemas de uso do solo que propiciem a adição desses resíduos na superfície do solo influenciam a manutenção dos valores de MOP.

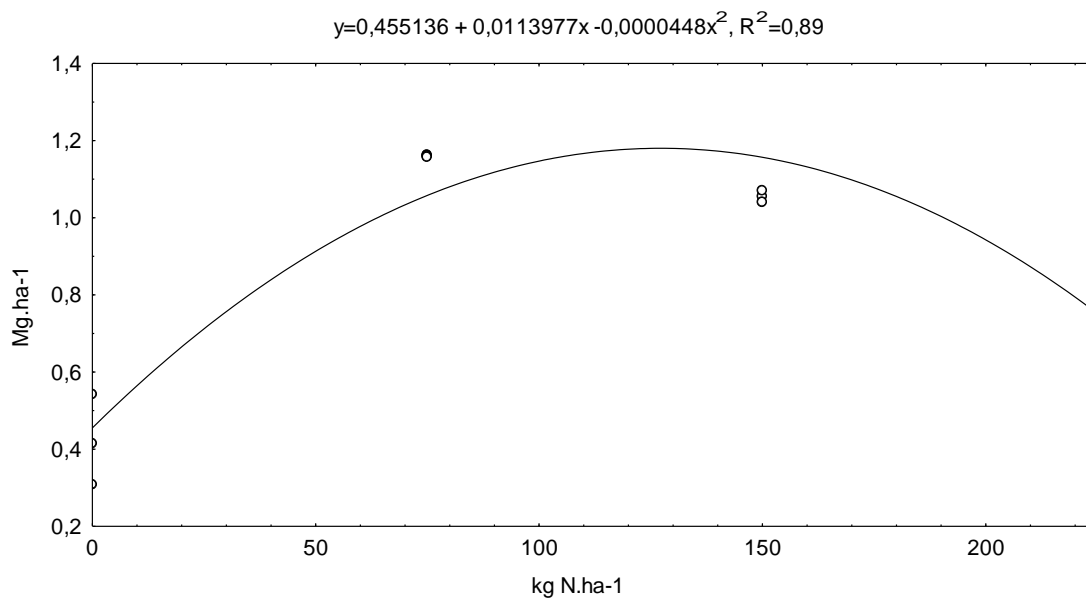


FIGURA 5 -. Carbono na matéria orgânica particulada (CMOP) em Mg ha⁻¹, coleta 2, na classe de agregados ≥ 4 mm, em parcelas com pastejo.

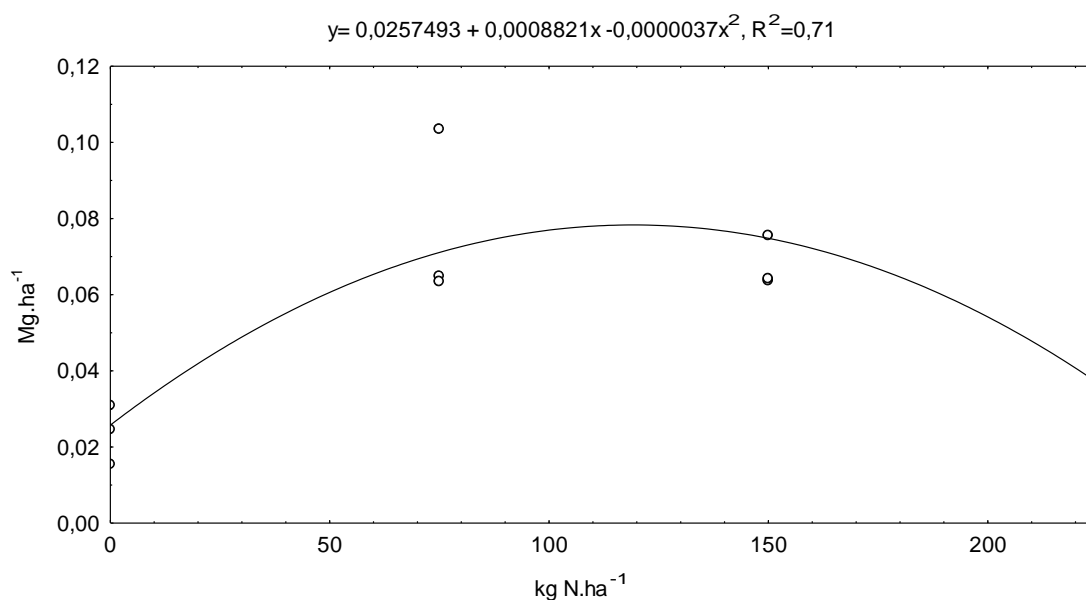


FIGURA 6 - Nitrogênio na matéria orgânica particulada (NMOP) em Mg ha⁻¹, coleta 2, na classe de agregados ≥ 4 mm, em parcelas com pastejo

CONCLUSÕES

O pastejo em azevém não adubado com nitrogênio reduz a quantidade de carbono e nitrogênio na matéria orgânica do solo.

A adubação nitrogenada no azevém sob pastejo favorece a manutenção da matéria orgânica do solo

A adubação nitrogenada no azevém favorece a distribuição do carbono e do nitrogênio em classes maiores de agregados e mantêm a matéria orgânica do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOLLA, V. R.M.; MORAES, A. de; BONA FILHO, A.; SANDINI, I.; CARDOSO, D.L.; BONINI, A.K.; MEDRADO, R.D.; RIOS, E.M. Influência do pastejo sobre a densidade do solo de um Latossolo Bruno em um sistema de integração lavoura-pecuária. In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2009, Juazeiro-BA/Petrolina-PE. **Anais**. CD-ROM. Jaboticabal: SBEA, 2009.

BALBINOT JR., A. A. MORAES, A.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. VEIGA, M. Formas de uso do solo no inverno e sua relação com a infestação de plantas daninhas em milho (*Zea mays*) cultivado em sucessão. **Planta Daninha**, v. 26, n.3, p.569-576, 2008.

BAYER, C.; MIELNICZUCK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.de A.; SILVA, L.S. da; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. Porto Alegre: Metropole, 2008, p.7-18.

CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOT, E.T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.56, p.777-783, 1992.

CARTER, M.R. Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. **Agronomy Journal**, v. 94, p.38-47, 2002.

COSTA, F.S.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J.A.; FONTOURA, S.M.V. Aumento de matéria orgânica num Latossolo Bruno em plantio direto. **Ciência Rural**, v.34, n.2, p.587-589, mar-abr, 2004.

COSTA, F. de; SOUZA.; BAYER, C.; ZANATTA, J.A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.323-332, 2008.

CRUSCIOL, C.A.C; COTTICA, R.L.; LIMA, E.V. do; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.2, p.161-168, fev. 2005

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. Humberto Gonçalves dos Santos, 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006.

FAGERIA , N.K.; SANTOS, A.B. Adubação fosfatada para o feijoeiro em solo de várzea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.2, p.124-127, 1998.

FRANZLUEBBERS, A.J.; STUEDEMANN, J.A. Early Response of Soil Organic Fractions to Tillage and Integrated Crop–Livestock Production. **Soil Science Society of American Journal**, v.72, n.3, may–june, p. 613-625, 2008

HEINRICHS, R.; AITA,C.; AMADO, T.J.C.; FANCELLI, A.L. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.331-340, 2001.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L.H.C. dos; SILVA, E.M.R. da. Carbono e frações granulométricas da matéria orgânica do solo sob sistemas de produção orgânica. **Ciência Rural**, Santa Maria *online*, 2008.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.175-187, 2004.

MANNA, M.C.; SWARUP, A.; WANJARI, R.H.; RAVANKAR, H.N.; MISHRA, B.; SAHA, M.N.; SINGH, Y.V.; SAHID ,D.K.; SARAP, P.A. Long-term effect of fertilizer and manure application on soil organic carbon storage, soil quality and yield sustainability under sub-humid and semi-arid tropical India. **Field Crops Research** v. 93, p. 264–280, 2005.

NICOLOSO, R.S.; LANZANOVA, M.E.; LOVATO, T. Manejo das pastagens de inverno e potencial produtivo de sistemas de integração lavoura-pecuária no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.36, n.6, p.1799-1805, nov-dez, 2006.

NICOLOSO, R.S.; LOVATO, T.; AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; LANZANOVA, M.E. Balanço do carbono orgânico no solo sob integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2425-2433, 2008.

PELEGRINI, L.G. **Produção de cordeiros em pastagem de azevém (*Iolium multiflorum* lam.) submetida a níveis de adubação nitrogenada**. Curitiba. 2008. 157 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SALTON, J.C. **Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura pastagem em ambiente tropical**. Tese de Doutorado. Programa de pós-graduação em ciência do solo, faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. 158 p.

SOUZA, E.D. de; COSTA, S.E.V.G. de A.; LIMA, C.V.S. de; ANGHINONI, I.; MEURER, E.J.; CARVALHO, P.C. de F. Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistema de integração agricultura-pecuária submetido a diferentes intensidades de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1273-1282, 2008.

ZINN, W.L.; LAL, R.; BIGHAM, J.M.; RESCK, D.V.S. Edaphic controls on soil organic carbon retention in the brazilian cerrado: soil structure. **Soil Science Society of American Journal**, v.71, n.4, p.1215-1224, 2007.

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. **SANEST: sistema de análises estatísticas para microcomputadores**. Pelotas – UFPel, 1984. 75p.

6. ESTUDO IV

DISTRIBUIÇÃO DE AGREGADOS EM UM LATOSSOLO BRUNO SOB AZEVÉM COM E SEM PASTEJO E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM ROTAÇÃO COM FEIJÃO

RESUMO

Os efeitos do pastejo e de doses crescentes de adubação nitrogenada em azevém sobre as propriedades de agregação de um Latossolo Bruno foram avaliados. As análises foram realizadas no primeiro ano de instalação de um sistema de rotação azevém-feijão em Guarapuava-PR, em duas épocas distintas, após a saída dos animais e após o cultivo do feijão que sucedeu à pastagem. As classes de agregados foram separadas por fracionamento úmido em duas profundidades, 0–5 cm e 5–10 cm. Foram calculados o diâmetro médio ponderado (DMP) e o diâmetro médio geométrico (DMG) do solo. Apesar da estabilidade estrutural típica de Latossolos, observou-se aumento na percentagem de agregados maiores que 4 mm após o primeiro ano de rotação nas duas camadas de solo provavelmente devido ao efeito agregador das raízes da pastagem e dos compostos orgânicos derivados da decomposição dos resíduos. O pastejo aumentou a estabilidade de agregados do solo devido a maior produção de raízes na gramínea pastejada especialmente nas doses mais baixas de adubo nitrogenado aplicados na pastagem, indicando que o efeito agregador do pastejo independe da maior produção vegetal ou da maior carga animal. Ao contrário, o efeito positivo da adubação nitrogenada sobre a agregação do solo ocorreu apenas nas áreas sem pastejo que dependeu do nitrogênio aplicado para maior produção de agentes agregantes; esse efeito ocorreu apenas na camada superficial, o que sugere estar relacionado à dinâmica de decomposição da palhada depositada sobre o solo. Os valores obtidos para DMP e DMG indicam manejo adequado do solo. A elevada correlação entre DMP e DMG sugere a utilização de apenas um dos parâmetros para estudos de agregação do solo.

Palavras-chave: diâmetro médio ponderado, macroagregados, integração lavoura-pecuária.

**AGGREGATES DISTRIBUTION IN A SOUTH BRAZILIAN OXISOL UNDER
RYEGRASS WITH AND WITHOUT GRAZING AND NITROGEN FERTILIZATION IN
ROTATION WITH COMMON BEANS**

ABSTRACT

The grazing effects and nitrogen increasing doses in ryegrass on the aggregation properties in a South Brazilian Oxisol were evaluated. The tests were performed in the first years of installation of a system of rotation ryegrass-bean in Guarapuava-PR in two different seasons, after the animals removed and the beans cultivation after the successor to the pasture. The aggregates classes were separated by wet fractionation in two depths, 0-5 cm and 5-10 cm. We calculated the soil mean weight diameter (DMP) and the geometric mean diameter (DMG). Despite the structural stability of typical Oxisol, there was an increase in the percentage of aggregates larger than 4 mm after the first year of rotation in the soil two layers due to the effect roots aggregator of pasture and organic compounds derived from the waste decomposition. The grazing increased the soil aggregates stability due to roots increased roots production in grazed grass especially in lower nitrogen fertilizers doses applied to pasture, indicating the aggregator effect grazing of the largest independent production of major vegetable or animal load. In contrast, the positive nitrogen fertilization effect on soil aggregation occurred only in areas without grazing which depended on the nitrogen applied to higher aggregating agents production, this effect occurred only in the surface layer, which suggests to be related to the dynamics of straw deposited decomposition on the soil. The values obtained for DMP and DMG indicate soil appropriate management. The high correlation between DMP and DMG suggests the use just one of parameters for studies of soil aggregation.

Keywords: weighted average diameter, macro aggregates, crop livestock integration.

INTRODUÇÃO

Os Latossolos caracterizam-se por apresentar boa estabilidade estrutural devido à matéria orgânica e aos elevados teores de argila e óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio que atuam como agentes de estabilização dos agregados (BAYER et al., 1973; TISDALL; OADES, 1982). A união das partículas do solo em agregados e a estabilidade desses favorecem a infiltração de água no solo, a aeração, o desenvolvimento radicular, o controle da erosão e a proteção da matéria orgânica (CARPENEDO e MIELNICZUK, 1990; VOLK e COGO, 2008).

O diâmetro médio ponderado (DMP) e o diâmetro médio geométrico (DMG) são parâmetros que representam a distribuição da massa de solo em classes de agregados de diferentes tamanhos e são utilizados para refletir a estrutura física do solo (ZINN et al., 2007).

Dentre os fatores que afetam a distribuição e a estabilidade dos agregados constam, além da mineralogia e da textura, o carbono orgânico do solo, os ciclos de umedecimento e secagem, os processos bióticos e o sistema de preparo do solo e de rotações de culturas (DENEFF e SIX, 2005; SOARES et al., 2005; PEIXOTO et al., 2006).

Diversos estudos avaliaram os sistemas de rotação de culturas (ZOTARELLI et al., 2007 e CALONEGO et al., 2008) e demonstraram o efeito agregador das raízes, especialmente de gramíneas (MIELNICZUK, 1999; SILVA et al., 2005; BRONICK e LAL, 2005, FERREIRA et al., 2007; SALTON et al., 2008).

Em estudo realizado em solos com diferentes teores de argila, SALTON et al. (2008), relataram que a presença de pastagens permanentes ou rotacionadas com lavouras favoreceram a agregação do solo, e que a formação de macroagregados a partir de microagregados parece estar relacionada à maior densidade de raízes nas gramíneas.

O efeito dos animais sob pastejo sobre a agregação do solo foi avaliado por SCAPINI et al., (1997). Os autores compararam áreas pastejadas e não pastejadas e verificaram após o terceiro ano consecutivo, que a estabilidade estrutural medida pelo diâmetro médio geométrico foi significativamente superior na área pastejada, para os autores tal fato pode estar associado ao efeito animal e maior exposição do solo aos ciclos de umedecimento e secagem do solo.

O efeito animal sobre as propriedades de agregação do solo tem sido pouco explorado na literatura, porém esse efeito pode estar relacionado a diferentes fatores referentes ao pastejo, tais como as alterações na quantidade de matéria orgânica do solo, disponibilizada via resíduos vegetais e animais, a maior taxa de decomposição desses resíduos (ESTUDO I), a menor produção de massa seca residual total e o aumento na massa seca de raízes da gramínea pastejada (SOUZA et al., 2008), a maior exposição do solo aos ciclos de umedecimento e secagem (SCAPINI et al., 1997), e provavelmente também à pressão exercida pelo casco do animal e seu peso, aproximando as partículas do solo. Tais fatores e suas interações podem afetar a estrutura do solo.

Os microagregados são unidos entre si por compostos orgânicos transitórios, raízes, hifas de fungos e mucilagens (TISDAL; OADES, 1982), mas a dinâmica desse processo em condições de pastejo não tem sido estudada frequentemente. Em virtude destes fatores é provável que haja efeito do pastejo sobre a distribuição e a estabilidade dos agregados. Considera-se também que a adubação da pastagem possa afetar esses parâmetros por meio das alterações quantitativas e qualitativas dos resíduos vegetais, e por permitir maior carga animal na área pastejada.

Considerando ainda que a importância da agregação do solo em regular o acúmulo ou perda de matéria orgânica e nutrientes do solo não é bem entendida e que compostos orgânicos derivados dos resíduos favorecem a agregação do solo, este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de curto prazo do pastejo e da adubação nitrogenada do azevém sobre as propriedades de agregação da camada superficial de um Latossolo Bruno sob sistema de integração lavoura-pecuária.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área experimental

O trabalho foi baseado em um experimento de campo instalado em junho de 2006, em área localizada no campus da Universidade Estadual do Centro-Oeste-UNICENTRO, em Guarapuava (PR). A área experimental foi utilizada para produção de soja em sistema de plantio direto no ano de 2004, e para produção de milho para silagem no verão de 2005/2006, após pousio no inverno. Em junho de 2006 foi

instalado o sistema de integração lavoura-pecuária, em cujos experimentos foram realizadas as amostragens e as análises deste trabalho.

A área experimental localiza-se na região fisiográfica denominada Terceiro Planalto Paranaense, entre as coordenadas de 25° 33' latitude Sul e 51° 29' longitude Oeste e tem altitude média de 1.095 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfb (MAAK, 1968). A precipitação anual varia de 1.400 a 1.800 mm e os meses de abril e maio são os mais secos (IAPAR, 1994). Os dados de precipitação pluviométrica e da temperatura do ar foram obtidos em uma estação climatológica situada ao lado da área experimental e constam na FIGURA 1

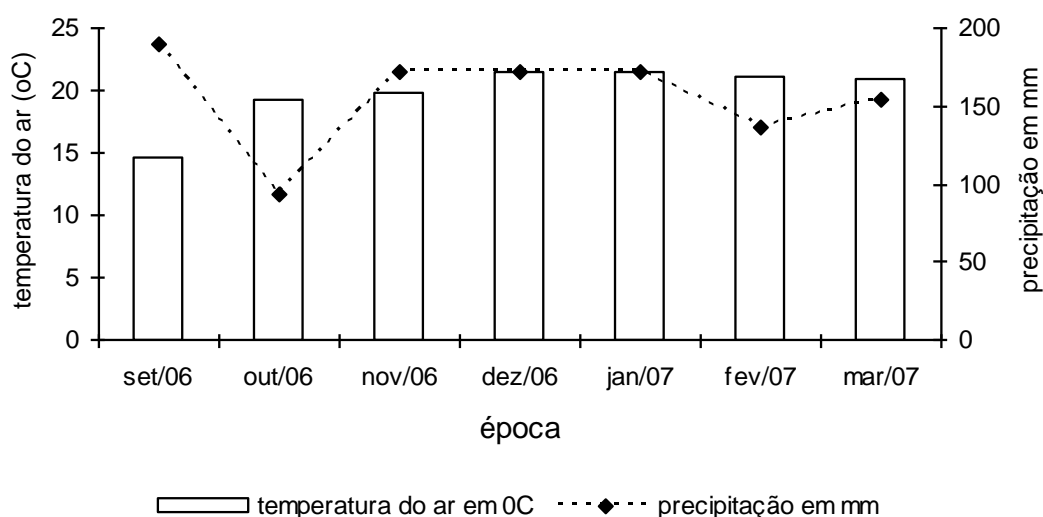


FIGURA 1 - Precipitação e temperatura média do ar durante o período experimental (mês/ano), em Guarapuava, PR.

O solo é classificado como Latossolo Bruno Distroférico típico, relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2006). As características físicas e químicas do solo no período experimental constam nas TABELAS 1 e 2.

TABELA 1. Caracterização da granulometria do solo (g kg^{-1}).

camadas	areia	silte	argila
0-5	80	306	614
5-10	70	316	613

TABELA 2 – Valores médios de pH em CaCl_2 , P, K, Ca, Mg, Al, H+Al, CTC e V, nas profundidades de 0-5 e 5-10, em Guarapuava (PR).

Ano	Prof. (cm)	pH (CaCl ₂)	mg/dm ³ P	Complexo Sortivo (cmol.dm ⁻³)					pH 7,0 CTC	V (%)
				K	Ca	Mg	Al	H+Al		
2006	0 a 5	5,2	5,8	0,49	5,03	2,85	0,00	5,18	13,55	61,81
	5 a 10	5,2	2,9	0,23	4,62	2,90	0,00	5,01	12,77	60,70

Fonte: SANDINI, et al. (2008)

Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com três repetições. Os tratamentos foram doses de nitrogênio na forma de uréia, nas quantidades equivalentes de 0, 75, 150 e 225 kg N ha⁻¹ aplicadas na pastagem de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), com e sem pastejo por ovinos. O tamanho das parcelas avaliadas no experimento era de 96 m² durante o pastejo e de 14 m² durante a cultura do feijão.

Manejo da pastagem e do feijoeiro

A semeadura do azevém foi efetuada no dia 11 de junho de 2006. Foram aplicados 0 kg ha⁻¹ de N, 62,5 Kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 62,5 kg ha⁻¹ de K₂O como adubação de base e, 21 dias após a emergência (DAE), foi aplicado o nitrogênio, em dose única, conforme os tratamentos.

O pastejo foi iniciado no dia 26 de agosto, prolongando-se até o dia 15 de novembro, totalizando 81 dias de pastejo. O método de pastejo utilizado foi o de lotação contínua. A altura da pastagem foi mantida em 14 cm usando carga animal variável. Os animais foram retirados 19 dias antes da dessecação da pastagem, em 04/12/06, que foi realizada com 2,5 l ha⁻¹ de glifosate.

No dia 11/12/06 efetuou-se a semeadura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar FT soberano. O fósforo foi aplicado na base, na dosagem de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, sendo a fonte o superfosfato triplo. O potássio foi aplicado em cobertura, nos dias 10/12/06 e 08/01/07, nas quantidades de 100 e 90 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente, sendo a fonte o cloreto de potássio. O nitrogênio, na dosagem de 180 kg ha⁻¹, foi aplicado parcelado sendo 1/3 da dose na base e 2/3 em cobertura (03/01/07), sendo a fonte utilizada uréia. As plantas daninhas, pragas e doenças foram controladas durante todo o ciclo da cultura. A colheita do feijão ocorreu no dia 10/03/2007 e os resultados de produção de grãos constam em SANDINI et al. (2008).

Amostragens de solo

As amostragens de solo foram realizadas aos seis dias após a saída dos animais, em 15/11/06 e 11 dias após a colheita do feijão, em 21/03/07. Com auxílio de pá-cortadeira e espátula de pedreiro abriram-se trincheiras, sendo uma por parcela, e retiraram-se os monólitos indeformados do solo, nas profundidades de 0 a 5 cm e de 5 a 10 cm. Os monólitos mediam 10 cm x 20 cm, com 5 cm de profundidade, os quais foram acondicionados em caixas plásticas.

Fracionamento úmido do solo em classes de agregados

Para a separação das classes de agregados, utilizou-se a metodologia do peneiramento úmido descrita por SALTON (2005 b) com modificações. Os monólitos de solo no ponto de friabilidade, foram destorroados manualmente nos pontos de fraqueza do monólito, de modo a transpassar a peneira de malha de 8 mm. As amostras foram secas ao ar até peso constante. Após, umedeceu-se por capilaridade 50 g de cada amostra as quais foram então transferidas para um conjunto de peneiras com aberturas de 4; 2; 1; 0,5 e 0,250 mm, que se encontrava dentro de um balde e acoplado a um agitador com oscilação vertical. Cada balde continha volume de água suficiente para encobrir a amostra de solo depositada na peneira de 4 mm, quando na posição mais elevada do curso de oscilação. As amostras foram agitadas neste conjunto durante 15 minutos. Em seguida, o material retido em cada peneira foi transferido com ajuda de jatos de água para copos plásticos e levadas à estufa a 40°C até peso constante, para determinação da massa seca retida em cada peneira. A água contendo o material inferior a 0,250 mm, foi passada pela peneira de 53 µm e retida em baldes de plástico. Esse material foi decantado por 24 horas e após este período realizou-se o sifonamento da água. Os materiais de 53 µm e o inferior a 53 µm, também foram transferidos para copos plásticos e secos em estufa a 40°C, até peso constante, e as massas quantificadas.

Diâmetro médio ponderado e diâmetro médio geométrico do solo (DMP e DMG)

O valor obtido da massa de solo de cada peneira (classe) foi utilizado para o cálculo do DMP e do DMG através das seguintes equações descritas por KEMPER;

CHEPIL, 1965:

$$DMP = \left(\sum_{i=1}^n w_i \times x_i \right) \div \left(\sum_{i=1}^n w_i \right)$$

$$DMG = \exp \left[\left(\sum_{i=1}^n w_i \times \log x_i \right) \div \left(\sum_{i=1}^n w_i \right) \right]$$

onde: DMP = diâmetro médio ponderado em mm; DMG = diâmetro médio geométrico em mm; w_i = peso dos agregados da classe, em gramas; x_i = diâmetro médio da classe, em mm; $\sum w_i$ = peso total da amostra em gramas. Os diâmetros médios utilizados foram: 6,0; 3,0; 1,5; 0,75; 0,375; 0,1515 e 0,0267.

Determinação da distribuição dos agregados em percentagem

$$A_i\% = \left[w_i \times 100 \div \left(\sum_{i=1}^n w_i \right) \right]$$

onde: $A_i\%$ = percentagem de agregados da classe i ; w_i = peso dos agregados da classe, em gramas; $\sum w_i$ = peso total da amostra em gramas.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise estatística, realizada em delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial 4 x 2 x 2 x 2, com o auxílio do programa estatístico SANEST (ZONTA et al., 1984). As médias dos tratamentos foram comparadas por meio do teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. As regressões e as correlações foram realizadas no programa STATISTICA (STATSOFT, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Distribuição, em percentagem, da massa de solo em diferentes classes de agregados.

Para a distribuição da massa de solo nas classes de agregados houve interação entre dose de nitrogênio, época de coleta e nível de pastejo. Não houve efeito de profundidade de amostragem e os dados apresentados se referem à média obtida nas duas camadas de solo (TABELA 3).

TABELA 3. Percentagem de agregados do solo, nas diferentes classes de diâmetro (mm), em coleta realizada após a saída dos animais (coleta I) e após a colheita do feijão (coleta 2), em áreas sob azevém adubado com doses crescentes de nitrogênio, com e sem pastejo no inverno, em Guarapuava, PR. Valores médios de 6 repetições.

	0		75		150		225	
	SP	CP	SP	CP	SP	CP	SP	CP
4 mm								
coleta I	53,71	46,53 B	55,46 a**	43,82 Bb	47,71	58,04	43,53 Bb	54,88 a**
coleta II	51,66 b	64,01 A*a**	55,81b	72,38 A* a*	56,24	62,15	61,22 A*	60,77
2 mm								
coleta I	16,26	17,63	17,55	15,24	16,65	16,85	17,47	16,85
coleta II	16,73	15,03	16,24	15,38	17,38	14,42	16,28	15,26
1 mm								
coleta I	9,11	10,65 A**	9,05	11,56 A*	10,23	8,20	10,51	9,53
coleta II	9,32	6,74 B	7,75 a**	4,18 Bb	9,67 a**	6,09 b	7,56	7,64
0,5 mm								
coleta I	9,80	12,45 A*	7,96 b	13,95 A*a*	12,08	9,18	12,35 A*	9,62
coleta II	11,11 a*	6,00 Bb	10,95 a*	2,56 Bb	8,75	6,12	6,97 B	8,26
0,25 mm								
coleta I	5,92	7,06 A**	5,46 b	9,53 A*a*	7,86 A** a**	4,86 b	7,51 A*a**	4,96 b
coleta II	6,67 a**	4,07 Bb	5,23	2,88 B	4,85 B	3,99	3,42 B	4,09
0,053 mm								
coleta I	4,28	4,84	3,70	4,92 A**	4,63 a**	2,35b	5,31 A**	3,41
coleta II	3,55	3,53	2,65	2,34 B	2,67	3,32	2,53 B	3,09
<0,053 mm								
coleta I	0,89	0,80	0,78	0,96	0,81	0,48	3,28 a*	0,72 b
coleta II	0,94	0,60	1,34	0,24	0,41	0,58	1,98	0,86

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 1% (*) ou 5% (**). 4 mm: CV = 16,6%; DMS 1% = 14,12400; DMS 5% = 10,63627; 2mm: CV = 21,28%; DMS 1% = 5,32; DMS 5% = 4,01095; 1mm: CV = 29,9 %; DMS 1% = 3,96007; DMS 5% = 2,98218; 0,5 mm: CV = 35,8%; DMS 1% = 5,09296; DMS 5% = 3,83532; 0,250 mm: CV = 39,8%; DMS 1% = 3,37599; DMS 5% = 2,54233; 0,053 mm: CV = 51,3 %; DMS 1% = 2,81341; DMS 5% = 2,11867; <0,053 mm: CV = 129 %; DMS 1% = 1,94631; DMS 5% = 1,46569.

A percentagem de macroagregados maiores que 4 mm foram similares entre as áreas com pastejo (50,1%) e sem pastejo (50,8%) após a saída dos animais. Porém, após a colheita do feijão, a percentagem de macroagregados maiores que 4 mm aumentou para 56,2% nas áreas sem pastejo e 64,8% nas áreas pastejadas. As proporções de massa de solo distribuídas em macroagregados maiores são

semelhantes às obtidas por SALTON et al (2008) em áreas com pastagens no sistema de rotação.

Os macroagregados maiores que 4 mm foram formados a partir dos agregados menores que 4 mm visto que o aumento dos macroagregados maiores que 4 mm correspondeu à redução das classes menores conforme descrito inicialmente por TISDAL E OADES (1982) e relatado por SALTON (2008).

O aumento da massa de macroagregados estáveis em água indica uma melhor estrutura física na camada superficial do solo após o primeiro ciclo de integração lavoura-pecuária, devido à presença do azevém na rotação. O efeito do sistema radicular das gramíneas no aumento da estabilidade de agregados em água foi relatado por vários autores (SILVA & MIELNICZUK, 1997; SILVA et al., 2005; FERREIRA et al., 2007; SALTON et al., 2008).

Houve efeito do pastejo que aumentou em média 15% a percentagem de macroagregados maiores que 4 mm, em relação às subparcelas não pastejadas, provavelmente devido ao efeito animal em aumentar a massa de raízes (SOUZA, et al., 2008) e em acelerar a dinâmica de decomposição da gramínea pastejada (ESTUDO I).

Para as subparcelas sem pastejo não houve efeito do nitrogênio aplicado na pastagem sobre a percentagem de agregados maiores que 4 mm na coleta realizada após a saída dos animais. Porém, na segunda coleta, houve efeito significativo da adubação nitrogenada da pastagem em aumentar a percentagem de agregados maiores que 4 mm (FIGURA 2). Esse efeito da adubação nitrogenada não foi observado na camada de 5 a 10 cm do solo, sugerindo que além da quantidade de massa seca produzida, compostos resultantes do processo de decomposição dos resíduos vegetais também participaram do processo.

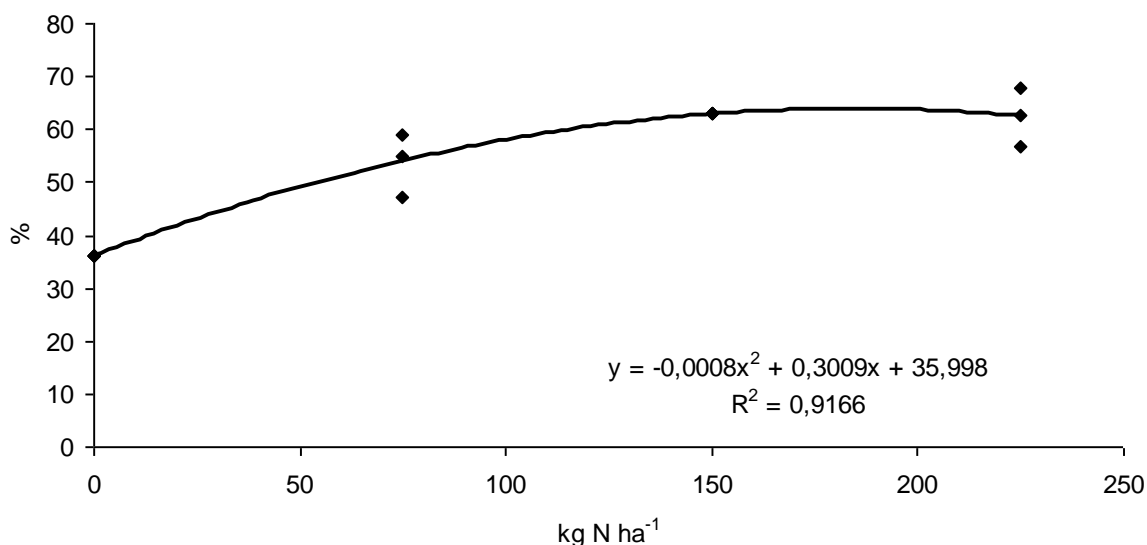


FIGURA 2 - Efeito das doses de nitrogênio sobre a porcentagem de agregados maiores que 4 mm em áreas sem pastejo, na camada de 0-5 cm na coleta realizada após a colheita do feijão.

Para as subparcelas pastejadas não houve efeito da adubação nitrogenada aplicada na pastagem sobre a porcentagem de macroagregados maiores que 4 mm, indicando que o efeito agregador do pastejo independe da maior produção vegetal ou da maior carga animal na área.

No entanto, os dados obtidos para as áreas pastejadas podem ser separados em dois grupos (TABELA 3). Para as doses de 150N e 225N as subparcelas com pastejo apresentavam maior porcentagem de macroagregados ≥ 4 mm na coleta realizada logo após a saída dos animais, mas sem efeito significativo de época.

Para os tratamentos 0N e 75N com pastejo, houve efeito de época. Na coleta realizada após a colheita do feijão observa-se um aumento significativo na porcentagem de agregados de 4 mm e uma redução significativa nos agregados de 1mm, 0,5mm e 0,250mm. Para essas classes de agregados houve diferença significativa entre áreas com e sem pastejo. O efeito positivo do pastejo deve-se provavelmente à maior massa de raízes na gramínea pastejada.

Para as áreas não pastejadas ocorreram alterações semelhantes nas mesmas classes de agregados, porém essas alterações foram significativas apenas para o tratamento 225N, que proporcionou maior produção vegetal.

Diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG)

A distribuição da massa de solo em classes de agregados pode ser representada pelos parâmetros DMP e DMG. No presente estudo, esses parâmetros foram correlacionados ($R^2 = 0,97$; $p < 0,05$; $n=48$) e apresentaram comportamento estatístico semelhante (TABELA 4), portanto sugere-se a utilização de apenas uma das variáveis para os estudos de agregação.

Não houve correlação entre o DMP e o DMG com o conteúdo de carbono e o nitrogênio nas diferentes frações da matéria orgânica da camada superficial do solo em curto prazo. Correlações entre esses atributos têm sido relatadas em experimentos de longo prazo.

Os valores de DMG encontrados variaram de 1,7 a 3,9 mm e são coerentes aos relatados por COSTA et al. (2004), em trabalho realizado em um Latossolo Bruno de Guarapuava (PR). Os valores de DMG encontrados pelos autores variaram entre 1,6 a 3,7 mm, após 21 anos de plantio direto.

O efeito da adubação nitrogenada sobre o DMP e o DMG ocorreu apenas nas subparcelas sem pastejo, na coleta realizada após a colheita do feijão, na camada de 0-5 cm. Os dados indicam que a quantidade de massa vegetal produzida e decomposta no decorrer do período afetaram positivamente a estrutura do solo (FIGURA 3). Como este efeito ocorreu na camada mais superficial pode estar correlacionada também com a fitomassa aérea e não apenas às raízes. E como ocorreu apenas após a colheita do feijão é possível que esteja relacionada à dinâmica de decomposição.

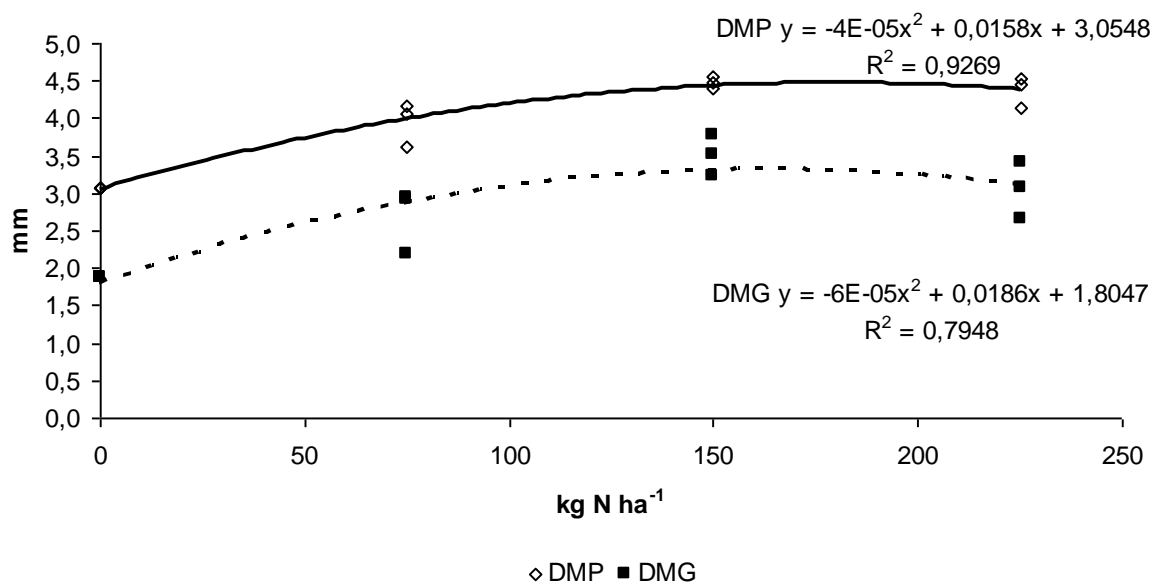


FIGURA 3 - Diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG) em mm, na camada de 0-5 cm de um Latossolo Bruno em função das doses de nitrogênio aplicadas na pastagem de azevém sem pastejo, em coleta realizada após a colheita do feijão que sucedeu à pastagem.

O efeito de compostos orgânicos resultantes da decomposição da serrapilheira sobre a agregação do solo foi demonstrado por BOCHNER et al., (2008). Segundo os autores a qualidade do resíduo diferiu entre o uso do solo e conseqüentemente na capacidade deste em afetar a estrutura física do solo. O efeito positivo de compostos orgânicos sobre a agregação de um latossolo vermelho-amarelo também foi relatado por BASTOS et al. (2005) após 160 dias de incubação do solo com os compostos.

Para DMP e DMG não houve efeito das doses de nitrogênio aplicadas no azevém com pastejo, porém houve interação significativa entre os fatores coleta, pastejo e doses de nitrogênio aplicadas na pastagem. Na saída dos animais, o efeito do pastejo sobre o DMP e o DMG foi observado nas doses mais altas de nitrogênio com significância para o tratamento 150 N. O efeito positivo do pastejo nas doses mais baixas de nitrogênio foi detectado apenas na amostragem realizada após a colheita do feijão. Nessa época não havia mais diferenças entre as subparcelas CP e SP para as doses maiores de nitrogênio devido à presença de massa de raízes abundante nesses tratamentos e à maior dinâmica de decomposição.

Nas áreas com pastejo (CP) o efeito de época de coleta ocorreu no tratamento 75 N, os valores de DMP e DMG aumentaram após a colheita do feijão,

nas duas profundidades de amostragem. O efeito de época nas áreas sem pastejo (SP) ocorreu no tratamento 225 N. Os valores de DMP e DMG aumentaram após a colheita do feijão, nas duas profundidades de amostragem (TABELA 4).

TABELA 4. Diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG) de um Latossolo Bruno sob azevém adubado com doses crescentes de nitrogênio, com e sem pastejo no inverno, em coleta realizada após a saída dos animais (coleta I) e após a colheita do feijão (coleta 2), em Guarapuava, PR. Valores médios de 3 repetições.

	0		75		150		225	
	SP	CP	SP	CP	SP	CP	SP	CP
DMP								
0-5 cm								
I	3,71 aA	3,63 aA	4,25 aA	3,46 bA	3,23 aB	4,12 aA**	3,48 bA	4,14 aA
II	3,07 aB	4,37 aA*	3,95 aB	4,88 a*A**	4,02 aA	4,15 aA	4,37 a**A	4,10 aA
5-10 cm								
I	4,18 aA	4,13 aA	4,20 aA**	3,35 bB	4,04 aA	4,28 aA	3,36 bA	3,93 aA
II	4,64 aA	4,54 aA	4,17 aA	4,92 aA	4,23 aA	4,50 aA	4,32 a**A	4,49 aA
DMG								
0-5 cm								
I	2,34 aA	2,37 aA	3,12 aA	2,19 bA	1,95 aB	3,10 aA**	2,17 aA	3,02 aA
II	1,87 aB	3,25 aA**	2,68 aB	3,97 a*A**	2,97 aA	2,96 aA	3,04 aA	2,91 aA
5-10 cm								
I	3,07 aA	2,07 bA	2,64 aA	2,16 aA	2,91 aA	3,21 aA	1,76 bA	2,76 aA
II	3,58 aA	3,52 a*A	2,98 aA	3,14 aA	3,17 aA	3,50 aA	3,20 a*A	3,38 aA

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 1% (*) ou 5% (**). DMP: CV = 12,1%; DMS 1% = 1,07028; DMS 5% = 0,80599; DMG: CV = 22,7%; DMS 1% = 1,40022; DMS 5% = 1,05446.

O efeito do pastejo sobre a estrutura física do solo também pode estar relacionado com a provável liberação de compostos orgânicos resultantes do processo de decomposição dos resíduos animais e vegetais. A mineralização de resíduos vegetais ocorre de forma mais rápida nas áreas pastejadas devido constante renovação de raízes durante o pastejo e devido mineralização mais rápida da parte aérea formada por perfilhos jovens ricos em nitrogênio.

Por outro lado, a dinâmica de formação e rompimento de agregados e o rearranjo das partículas também dependem dos ciclos de umedecimento e secagem, que foi mais freqüente no período de verão neste experimento e provavelmente maior nas áreas pastejadas, que apresentavam no período menor cobertura vegetal.

CONCLUSÕES

A percentagem de macroagregados estáveis aumentou em curto prazo após a implantação do sistema de integração lavoura pecuária.

O pastejo aumentou a percentagem de macroagregados estáveis em água devido ao maior enraizamento e à maior dinâmica de decomposição dos resíduos da gramínea pastejada.

A adubação nitrogenada em azevém não pastejado aumentou a estabilidade de agregados em água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASTOS, R.S.; MENDONÇA, E.S.; ALVAREZ V.H.; CORRÊA, M.M. Formação e estabilização de agregados do solo decorrentes da adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p.11-20, 2005.

BOCHNER, J.K.; FERNANDES, M.M; PEREIRA, M.G.; BALIEIRO, F. DE C.; SANTANA, I.K. DA S. Matéria orgânica e agregação de um planossolo sob diferentes coberturas florestais. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 1, p. 46-53, jan./mar. 2008.

CALONEGO, J.C.; ROSOLEM, C.A. Estabilidade de agregados do solo após manejo com rotações de culturas e escarificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 1399-1407, 2008

CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOT, E.T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of American Journal**, madison, v.56, p.777-783, 1992.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de latossolos roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 14:99-105, 1990.

CASTRO-FILHO, C. LOURENÇO, A.; GUIMARÃES, M. DE F.; FONSECA, I.C.B. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Paraná, Brasil. **Soil and Tillage Research**. 65, 45-51, 2002.

COSTA, F.S.; ALBUQUERQUE, J.A. ; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V. ; WOBETO, C. Propriedades físicas de um latossolo bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p. 527-535, 2003.

FERREIRA, F.P.; AZEVEDO, A.C. DE; DALMOLIN, R.S.D. E GIRELLI D. Carbono orgânico, óxidos de ferro e distribuição de agregados em dois solos derivados de basalto no Rio Grande do Sul-Brasil. **Ciência Rural**, V.37, n.2, mar-abr, 2007.

LANG C. R.; PELISSARI, A.; MORAES, A. de; SULC, R. M.; OLIVEIRA, E. B. de; CARVALHO, P. C. F. Fitomassa aérea residual da pastagem de inverno no sistema integração lavoura-pecuária. **Scientia Agraria**, v. 5, n. 1-2, p. 43-48, 2004.

NEVES, C. S. V. J.; FELLER, C.; KOUAKOUA, E. Efeito do manejo do solo e da matéria orgânica solúvel em água quente na estabilidade de agregados de um latossolo argiloso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1410-1415, 2006.

PAGLIAI, M.; VIGNOZZI, N.; PELLEGRINI, S. Soil structure and the effect of management practices. **Soil and Tillage Research**, v. 79, p.131–143, 2004.

PEIXOTO, R.S.; COUTINHO, H.L.C.; MADARI, B.; MACHADO, P.L.O.A.; RUMJANEK, N.G.; VAN ELSAS, J.D.; SELDIN, L. ROSADO, A.S. Soil aggregation and bacterial community structure as affected by tillage and cover cropping in the Brazilian Cerrados. **Soil and Tillage Research**, v. 90, p.16–28, 2006.

REICHERT et al. Agregação de um Planossolo sistematizado há um ano e sob cultivo de arroz irrigado. **Ciência Rural**, v.36, n. 3, maio-junho, 2006.

SALTON, J.C. **Matéria orgânica e agregação do solo na rotação lavoura pastagem em ambiente tropical**. Tese de Doutorado. Programa de pós-graduação em ciência do solo, faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. 158 p.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P.C.; FABRÍCIO, A.C.; MACEDO, M.C.M.; BROCH, D.L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p. 11-21, 2008.

SCAPINI, C.A.; BOENI, M.; REINERT, D.J.; RESTLE, J.; BUENO, M.B.; FONTINELLI, F. Efeito do pisoteio animal, no terceiro ano consecutivo, sobre algumas propriedades físicas do solo e produtividade do milho em solo sob plantio direto e convencional. Resumo expandido. In: XXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Rio de Janeiro, 1997. 5p. **Anais** (CD-ROM).

SCHLOSSER, J.F.; BERTOL, O.J.; SOUZA FILHO, E.G.; MEZZOMO, C.P.L. influencia da velocidade de aração no diâmetro médio geométrico dos agregados. **Agropecuária Técnica**, v. 21, n.1/2, 2000.

SILVA, R.R. DA; SILVA, M.L.N.; FERREIRA, M.M. Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na bacia do alto do Rio Grande MG. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 29, n. 4, p. 719-730, 2005.

SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; BLANCANEUX, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de latossolo roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.12, p. 2485-2492, 2000.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p. 113-117, 1997.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p. 313-319, 1997.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 311-317, 1998.

SOARES, J.L.N.; ESPÍNDOLA, C.R.; DE CASTRO, S.S. Alteração física e morfológica em solos cultivados sob sistema tradicional de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 1005-1014, 2005.

SOUZA, E.D. de; COSTA, S.E.V.G. de A.; LIMA, C.V.S. de; ANGHINONI, I.; MEURER, E.J.; CARVALHO, P.C. de F. Carbono orgânico e fósforo microbiano em sistema de integração agricultura-pecuária submetido a diferentes intensidades de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1273-1282, 2008.

STATSOFT, Inc. **Statistica for Windows. Computer Program Manual**. Tulsa, USA. 2000.

VOLK, L.B. DA S.; COGO, N.P. Inter-relação biomassa vegetal subterrânea-estabilidade de agregados-erosão hídrica em solo submetido a diferentes formas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1713-1722, 2008.

ZINN, W.L.; LAL, R.; BIGHAM, J.M.; RESCK, D.V.S. Edaphic controls on soil organic carbon retention in the brazilian cerrado: soil structure. **Soil Science Society of American Journal**, v.71, n.4, p.1215-1224, 2007.

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. **SANEST: sistema de análises estatísticas para microcomputadores**. Pelotas – UFPel, 1984. 75p.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maior biomassa e a maior atividade microbiana na fitomassa de azevém pastejado justificam a ciclagem mais rápida de nutrientes e o aporte mais rápido de carbono na matéria orgânica particulada do solo. Por outro lado justifica também as perdas de carbono e a menor cobertura vegetal nas áreas pastejadas.

Observou-se efeito positivo e negativo do pastejo sobre a biomassa e a atividade microbiana, na camada superficial do solo, em épocas diferentes durante o ciclo azevém-feijão, portanto as análises microbiológicas devem ser conduzidas por todo o período experimental e não apenas durante o pastejo, para uma melhor compreensão do processo de imobilização e mineralização dos nutrientes no sistema.

Apesar de a adubação nitrogenada da pastagem não ter afetado em curto prazo a biomassa microbiana do solo, permitiu maior aporte de carbono via resíduos vegetais e animais na área, preservando os estoques de carbono do solo, e provavelmente, assegurando carbono para a biomassa microbiana do solo ao longo do tempo.

Apesar de o solo permanecer coberto por mais tempo e por maior quantidade de fitomassa nas áreas sem pastejo, a incorporação do carbono e do nitrogênio na matéria orgânica particulada do solo é mais rápida nas áreas pastejadas e adubadas. Apesar da não significância por tukey a 5%, observa-se uma tendência de aumento nos estoques de carbono na matéria orgânica do solo nas áreas pastejadas, provavelmente devido à dinâmica de decomposição de raízes.

Além disso, o aumento na agregação do solo em áreas pastejadas pode contribuir para aumentar a proteção física intra-agregados da matéria orgânica do solo. Os resultados indicam a manutenção desses estoques com a adubação nitrogenada do azevém nas áreas pastejadas, mas, dependendo da rotação com culturas de verão de elevada produção de biomassa vegetal, espera-se que aumentos nos estoques de carbono e nitrogênio na matéria orgânica do solo sob integração lavoura-pecuária possam ocorrer em longo prazo. Esses dados referem-se a solos argilosos, e, portanto investigações semelhantes devem ser conduzidas em solos arenosos também.

O declínio no estoque de carbono observado nas áreas pastejadas sem fertilização nitrogenada reflete também o histórico de baixo aporte de resíduos na

área no ano anterior à instalação do experimento, pois o solo permaneceu em pousio no inverno e depois cultivado milho pra silagem. Rotações com culturas de verão de maior produção de biomassa poderão reverter esse quadro inicial.

Apesar de não ocorrer sincronia entre a liberação de nitrogênio da fitomassa residual do azevém e a cultura do feijão, é evidente o efeito positivo do pastejo sobre a produtividade do feijoeiro nas doses mais baixas de nitrogênio aplicadas na pastagem, e, portanto este efeito está relacionado com a dinâmica de mineralização dos resíduos animais na área. O aporte de carbono e demais nutrientes via resíduos animais deve ser investigada bem como o aporte de carbono e a dinâmica de nutrientes via raízes produzidas pela gramínea pastejada.

A adubação nitrogenada na pastagem aumenta a produção de fitomassa residual da gramínea pastejada e o aporte de carbono orgânico pelos resíduos mantendo assim o solo coberto por mais tempo e garantindo os estoques de carbono nas diferentes frações da matéria orgânica durante o ciclo azevém/feijão. Porém doses elevadas de nitrogênio não são desejáveis devido ao potencial poluente do nitrogênio e o alto custo desse insumo. O nitrogênio sofre transformações microbianas e nas suas várias formas acarreta prejuízos à qualidade do ar, da água, do solo e também à saúde dos seres vivos devido ao efeito mutagênico de seus derivados e alterações nas cadeias tróficas. Em função do efeito quadrático das doses de nitrogênio sobre os parâmetros de qualidade do solo analisados nesse trabalho é possível reduzir as doses testadas no experimento de campo em andamento em Guarapuava.

Por outro lado, pesquisas envolvendo pastagens consorciadas com leguminosas também devem ser conduzidas com o objetivo de otimizar o processo de fixação biológica de nitrogênio no sistema integrado, reduzindo a dependência de nitrogênio mineral.

Apesar do curto prazo de avaliação, observou-se efeito positivo da pastagem de azevém sobre as propriedades de agregação do solo, porém os demais parâmetros relacionados à física do solo devem ser investigados para maior compreensão do efeito do pastejo e da adubação nitrogenada sobre a qualidade física do solo.

Apesar de as pastagens produzirem grande quantidade de matéria seca o pastejo pode alterar a qualidade física do solo, em decorrência tanto do pisoteio quanto das alterações quantitativas e qualitativas do material vegetal residual, que

se decompõe mais rapidamente, oferecendo menor proteção ao solo. Por outro lado a mineralização mais rápida pode resultar em alterações mais rápidas no estoque de carbono orgânico do solo.

Assim, há necessidade de continuidade dos experimentos para verificar o efeito do pastejo e da fertilização nitrogenada sobre as variáveis físico-químicas e biológicas do solo ao longo do tempo.

De maneira geral, mesmo em curto prazo, podem-se constatar os benefícios do sistema integração lavoura-pecuária, os efeitos favoráveis ao produtor, no incremento de forragem e produção animal sem a degradação do solo, e com a ciclagem de nutrientes para a cultura sucessora.