

HERNANI ALVES DA SILVA

**VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DA RECRIA DE NOVILHAS
LEITEIRAS NA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**

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

Orientador: Prof. Dr. Paulo César de Faccio Carvalho

Co-orientador: Prof. Dr. Aníbal de Moraes

CURITIBA
2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ.
SISTEMA DE BIBLIOTECAS.
BIBLIOTECA CENTRAL.
COORDENAÇÃO DE PROCESSOS TÉCNICOS.
Ficha catalográfica

S586 Silva, Hernani Alves da
Viabilidade técnico -econômica da recria de novilhas
leiteiras na integração lavoura-pecuária / Hernani Alves
da Silva.--- Curitiba, PR, 2011.
xii, 114f. : il., gráfs., tabs.

Orientador : Paulo César de Faccio Carvalho
Co-Orientador : Aníbal de Moraes
Tese (doutorado) – Universidade Federal do Paraná,
Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação
em Agronomia, Departamento de Fitotecnia e Fitossani-
tarismo.

Área de Concentração : Produção Vegetal

Anexo

Inclui referências

1. Bovino de leite. 2. Gado leiteiro – Criação.
3. Lavoura – Pecuária – Integração. I. Carvalho, Paulo
César de Faccio. II. Moraes, Aníbal de. III. Universidade
Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Programa
de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDD 22.ed. 636.2

Samira do Rego Elias CRB-9/755



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E FITOSSANITARISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
PRODUÇÃO VEGETAL

PARECER

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Tese de DOUTORADO, apresentada pelo candidato **HERNANI ALVES DA SILVA**, sob o título "**VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DA RECRIA DE NOVILHAS LEITEIRAS NA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA**", para obtenção do grau de Doutor em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Após haver analisado o referido trabalho e argüido o candidato são de parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Tese.

Curitiba, 14 de Dezembro de 2011.

Professora Dra. Louise Larissa May De Mio
Coordenadora do Programa

Dra. Laise da Silveira Pontes
Primeira Examinadora

Dr. Davi Teixeira dos Santos
Segundo Examinador

Dra. Raquel Santiago Barro
Terceira Examinadora

Professor Dr. Anibal de Moraes
Quarto Examinador

Professor Dr. Paulo Cesar de Faccio Carvalho
Presidente da Banca e Orientador

Aos meus filhos, Angela e Gustavo,
À minha esposa Fátima,
Ao meu pai Miguel e
À minha mãe Neuza

DEDICO.

BIOGRAFIA DO AUTOR

HERNANI ALVES DA SILVA, filho de Miguel Alves da Silva e Neuza Calarga da Silva, nasceu em Garça, Estado de São Paulo, aos 23 de fevereiro de 1959. É casado com Fátima de Lourdes Fernandes Silva e pai de Angela Maria e Gustavo.

Cursou o segundo grau na Escola Estadual de Segundo Grau (Agrícola) em Cafelândia, Estado de São Paulo e em 1982 recebeu o grau de Engenheiro Agrônomo, conferido pela Universidade Estadual de Londrina.

Realizou curso de especialização em Desenvolvimento Rural em 1994 na Universidade Federal do Paraná e especialização em Bovinocultura de Leite em 2001, curso este ministrado em conjunto pela Universidade Federal do Paraná, Universidade Estadual de Londrina e Universidade Estadual de Maringá.

Ingressou como Extensionista Rural na EMATER-PR em 1987 onde atua até hoje, junto à Cooperativa Agropecuária Castrolanda, através de Termo de Cooperação Técnica, no Programa de Profissionalização de produtores de leite da agricultura familiar.

Em agosto de 2005 defendeu sua dissertação de mestrado em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal na Universidade Federal do Paraná (UFPR), com o trabalho intitulado “Análise de viabilidade da produção de leite a pasto e com suplementos em áreas de integração lavoura-pecuária na região dos Campos Gerais – Paraná”.

Em março de 2008 iniciou o curso de Doutorado em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, na Universidade Federal do Paraná (UFPR), concluindo em dezembro de 2011, com a apresentação da tese “Viabilidade técnico-econômica da recria de novilhas leiteiras na integração lavoura-pecuária”.

AGRADECIMENTOS

A DEUS por me dar forças e perseverança nos momentos de dificuldade, mas acima de tudo, por me iluminar e mostrar o caminho a ser trilhado.

Aos meus pais, Miguel e Neuza, pelo exemplo, educação, respeito, humildade, amor e incentivo aos estudos, o que me permitiu chegar até este momento.

À minha esposa Fátima, e meus filhos Ângela e Gustavo, pela paciência, tolerância, incentivo e compreensão durante esta etapa da minha vida.

Ao professor Paulo César de Faccio Carvalho pela orientação, amizade e por toda contribuição e ensinamentos, e principalmente pela oportunidade rara proporcionada.

Ao professor Anibal de Moraes, companheiro fiel durante a longa jornada, pela confiança e oportunidade concedida para estar concluindo este projeto de vida.

Ao professor Adriel Ferreira da Fonseca pela orientação, ensinamentos e discussões, que com certeza ajudaram a enriquecer este trabalho, mas principalmente pela amizade e paciência.

Aos professores Vânia Di Addario Guimarães, Eduardo Fávero Caires e Carlos Tadeu dos Santos Dias pela co-orientação, amizade e valiosa colaboração na realização deste trabalho.

À colega do IAPAR, Doutora Laíse da Silveira Pontes pela co-orientação e valiosa colaboração na realização deste trabalho.

Aos colegas Doutora Raquel Santiago Barro e Doutor Davi Teixeira dos Santos pelo caloroso e sincero aceite em participar da banca examinadora.

Aos professores do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, pela disposição, ensinamentos, amigável acolhida e feliz convivência durante a realização do curso.

A todos os funcionários técnico-administrativos do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, pela amizade e colaboração.

Aos amigos e companheiros de profissão Arnaldo Bandeira e Luiz Augusto Pfau do Instituto EMATER-PR, pela confiança e incentivo que tornaram possível a realização deste objetivo.

Aos colegas da Cooperativa Castrolanda, Huibert Pieter Janssen e Tarcísio Nicolau Bartmeyer pela ajuda e troca de conhecimentos, apoio e solidariedade durante a realização do curso.

Aos colegas da Cooperativa Castrolanda, Janílson José Ribeiro e Ivo Rodrigues dos Santos pela valiosa colaboração na implantação e condução dos experimentos.

Aos colegas do curso de pós-graduação, pela amizade e solidariedade, demonstradas durante a realização do curso.

Aos estagiários da UFPR, Unicentro e UEPG pela valiosa colaboração na execução dos trabalhos de campo.

À Cooperativa Castrolanda pela cessão da área e dos animais, e pelo apoio financeiro para realização das avaliações experimentais e custeio das análises necessárias.

Aos alunos do Laboratório de Nutrição de Plantas da UEPG por auxiliarem nas amostragens de campo e nas determinações laboratoriais.

Ao Instituto EMATER-PR que possibilitou a participação no curso.

A todos aqueles que de maneira direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho, aqui citados ou não, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	RESUMO	ix
	ABSTRACT	xi
1	INTRODUÇÃO GERAL	1
2	HIPÓTESES	4
3	OBJETIVO GERAL	4
3.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
4	DESEMPENHO DE NOVILHAS LEITEIRAS EM PASTAGENS	
	ANUAIS DE INVERNO SOB SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA	6
4.1	Resumo.....	6
4.2	Abstract.....	7
4.3	Introdução	8
4.4	Material e métodos.....	9
4.5	Resultados e discussão	13
4.6	Conclusões	18
4.7	Referências	18
5	PRODUÇÃO DE MILHO E SOJA EM SISTEMA INTEGRADO SOB PLANTIO DIRETO COM DIFERENTES COMBINAÇÕES DE PASTOS E CATEGORIAS ANIMAIS	27
5.1	Resumo.....	27
5.2	Abstract.....	28
5.3	Introdução	29
5.4	Material e métodos.....	30
5.5	Resultados e discussão	34
5.6	Conclusões	37
5.7	Agradecimentos	37
5.8	Referências	38
6	ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO NA INTEGRAÇÃO	
	LAVOURA-PECUÁRIA SOB SISTEMA DE PLANTIO DIRETO	48
6.1	Resumo.....	49
6.2	Abstract.....	50

6.3	Introdução	51
6.4	Material e métodos.....	52
6.5	Resultados	57
6.6	Discussão.....	59
6.7	Conclusões	63
6.8	Agradecimentos	64
6.9	Referências	64
7	VIABILIDADE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE NOVILHAS	
	LEITEIRAS A PASTO EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA .	
	PECUÁRIA	73
7.1	Resumo.....	73
7.2	Abstract.....	74
7.3	Introdução	75
7.4	Material e métodos.....	77
7.5	Resultados e discussão	81
7.6	Conclusões	85
7.7	Referências	85
8	CONCLUSÕES GERAIS	95
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
10	REFERÊNCIAS	99
11	ANEXO	101

RESUMO

A adoção do sistema de plantio direto (SPD), aliado a integração lavoura-pecuária (ILP) tem sido uma estratégia fomentada no Brasil, visando maximizar o rendimento das áreas e aumentar a lucratividade do agronegócio. Um experimento foi conduzido na Cooperativa Agropecuária Castrolanda (Castro, Paraná), com os seguintes objetivos: (i) avaliar a viabilidade da recria de novilhas leiteiras em pastagens de inverno sob sistema de ILP; (ii) avaliar o rendimento de grãos e atributos fitotécnicos nas culturas de soja e milho, em sistema de ILP sob SPD, após pastagens anuais de inverno puras ou diversificadas, com ausência ou presença de animais em pastejo; (iii) avaliar os efeitos do pastejo animal nos principais atributos químicos e físicos do solo, após 21 meses de ILP sob SPD, em uma sucessão pastagens anuais de inverno (2008)/soja (2008/2009) /pastagens anuais de inverno (2009)/milho (2009/2010); (iv) análise econômica da produção de novilhas leiteiras em pastagens anuais de inverno, como alternativa ao cultivo de cereais de inverno. Foi utilizado um delineamento fatorial com duas categorias animais (leves com peso de $192 \pm 40,9$ kg e pesados com peso de $278 \pm 41,2$ kg) e dois tipos de pastagem, isto é, diversificada composta de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.), aveia preta (*Avena strigosa* Schreb), trevo branco (*Trifolium repens* L.) e trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.) e pastagem pura de azevém anual. Foi utilizado o método de pastoreio contínuo com lotação variável, de modo a manter uma altura constante de 20 cm de manejo. Os animais que permaneceram em pastagem pura de azevém anual apresentaram um ganho de peso diário ($0,93 \pm 0,032$ kg $\text{cab}^{-1}\text{dia}^{-1}$) significativamente superior aos animais mantidos em pastagem diversificada ($0,79 \pm 0,032$ kg $\text{cab}^{-1}\text{dia}^{-1}$). Um maior ganho por hectare foi observado nas parcelas com animais leves ($3,54 \pm 0,163$ kg $\text{ha}^{-1}\text{dia}^{-1}$) do que com animais pesados ($2,99 \pm 0,163$ kg $\text{ha}^{-1}\text{dia}^{-1}$), mas sendo dependente do tipo de pastagem, ou seja, animais leves tiveram melhor desempenho em pastagem pura, o inverso ocorreu com animais mais pesados. As combinações de pastagens (diversificadas ou puras) e categorias animais (leves ou pesados) não interferiram no cultivo da soja, mas beneficiaram a cultura do milho. O pastejo animal, durante o inverno, aumentou a população de plantas e o rendimento de grãos de milho na estação seguinte. A utilização de pastagens puras favoreceu a

acidificação do solo, enquanto que o emprego de pastagens diversificadas contribuiu para que o processo de acidificação do solo se tornasse mais lento. As quatro combinações de pastagens e categorias animais não alteraram as concentrações de carbono orgânico total e nitrogênio total, mas influenciaram os atributos acidez do solo e cátions trocáveis. Com o emprego de animais pesados, a utilização de pastagens diversificadas foi mais vantajosa por ter proporcionado menor densidade do solo, decorrente de maior quantidade de macroporos. A ILP com recria de novilhas leiteiras em pastagens anuais de inverno, em substituição ao cultivo de cereais de inverno e plantas de cobertura de solo para o plantio direto, foi a alternativa mais rentável aos produtores. Os resultados mostram a viabilidade da recria de novilhas leiteiras na fase pastagens de sistemas integrados.

Palavras-chave: Sistemas de produção animal. Novilhas leiteiras recriadas a pasto. Desempenho animal. Agricultura conservacionista. Atributos químicos do solo. Atributos físicos do solo. Análise econômica.

ABSTRACT

Adoption of no-tillage (NT) system combined with integrated crop-livestock (ICL) has been a strategy promoted in Brazil, aiming to maximize the areas yield and increase the agribusiness profitability. The experiment was carried out at Castrolanda Agricultural Cooperative (Castro City, Paraná State, Brazil), with the following objectives: “(i) to assess the feasibility of dairy heifers recreation in winter pastures under ICL system; (ii) to evaluate grains yield and phytotechnical attributes in soybean and maize cultures under ICL system and NT, after annual winter pastures, pure or diversified, with the absence or presence of grazing animals; (iii) to evaluate the effects of grazing animals in the soil chemical and physical attributes, after twenty-one months of ICL under NT, in a succession of winter annual pastures (2008), soybean culture (2008/2009), annual winter pastures (2009), and maize crop (2009/2010); (iv) production economic analysis of dairy heifers in annual winter pastures as an alternative for winter cereals cultivation”. Factorial design was used with two animal categories (light weight of 192 ± 40.9 kg and heavy weight of 278 ± 41.2 kg), and diversified pasture composed by annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.), black oats (*Avena strigosa* Schreb), white clover (*Trifolium repens* L.), red clover (*Trifolium pratense* L.), and pure pasture of annual ryegrass. Continuous grazing method with variable stocking rate with 20 cm height of management was used. The animals that remained in pure annual ryegrass pasture gained a daily weight (0.93 ± 0.032 kg cab⁻¹ day⁻¹) significantly higher than the gain of animals kept on diverse pasture (0.79 ± 0.032 kg cab⁻¹ day⁻¹). A greater gain per hectare was observed in plots with light animals (3.54 ± 0.163 kg ha⁻¹ day⁻¹) than heavier animals (2.99 ± 0.163 kg ha⁻¹ day⁻¹), dependent on the pasture (light animals had better development in pure pastures, the opposite for heavy animals). Combinations of pastures (diversified or pure) and animal categories (light or heavy) did not interfere with soybean cultivation, but benefited maize crop. The treatments did not alter the yield and weight of soybeans thousand seeds. In maize crop, the animal grazing during the winter increased plant population and grains yield. The use of pure pasture favored the soil acidification, while the use of diversified pastures contributed to the slow process of soil acidification. The combinations of pasture and animal

categories did not alter the concentrations of total organic carbon and total nitrogen, but they influenced soil acidity and exchangeable cations. With heavy animals, the use of diversified pastures was more advantageous for having provided lowest soil density due to higher amount of macropores. ICL with rearing of dairy heifers in annual winter pastures, replacing winter cereal crops and soil cover for no-tillage, was the more profitable alternative for producers. Results show the feasibility of dairy heifers rearing in the pasture phase of integrated systems.

Keywords: Animal production systems. Recreated dairy heifers on grazing. Animal performance. Conservationist agriculture. Chemical soil properties. Soil physical characteristics. Economic analysis.

1. INTRODUÇÃO

Na região Sul do Brasil, o uso de pastagens de inverno intercaladas com culturas para a produção vegetal no verão (e.g. soja, milho ou feijão), ou seja, em sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), constitui em uma estratégia de elevada importância devido à carência de alternativas de cultivos agrícolas economicamente viáveis durante o inverno. Particularmente, na região dos Campos Gerais do Estado do Paraná, no ano agrícola de 2009/2010, dos 702.000 ha cultivados com soja [*Glycine max* (L.) Merrill], milho (*Zea mays* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), somente 27% destas áreas foram cultivadas durante o inverno com cultura produtora de grãos (SEAB-DERAL, 2010). O restante da área (512.460 ha) ficou em pousio ou foi cultivada com plantas de cobertura de solo, predominantemente aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) e azevém anual (*Lolium multiflorum* L.), as quais apresentam elevado potencial forrageiro (MACARI et al., 2006).

O elevado potencial de produção de carne e leite em sistema ILP tem sido evidente em diversos trabalhos. Restle et al. (2000), Marchezan et al. (2002), Assmann et al. (2004) e Silva et al. (2008) verificaram que a ILP é uma estratégia de diversificação agropecuária que pode trazer benefícios técnicos, econômicos e biológicos, pois podem diversificar as fontes de recursos, diminuir riscos de frustrações de produção além da redução de impactos ambientais negativos. O cultivo de pastagens de inverno, em áreas agrícolas subutilizadas, representa uma grande oportunidade para uma intensificação econômica de tais áreas (BALBINOT JÚNIOR et al., 2009).

O sistema de criação de bezerras e novilhas leiteiras é um investimento de médio e longo prazo. Na formação do custo de produção de leite, o custo da criação dos animais de reposição é considerado uma das maiores fontes de despesas (15 a 20%), abaixo somente das despesas com a alimentação do rebanho em produção (HENRICHS, 1993). A criação das novilhas de reposição em pastagens anuais de

inverno, em sistema de ILP, poderia reduzir estes custos de produção, gerando uma oportunidade de negócio para os agricultores e maior renda por área.

A integração lavoura-pecuária com sistema de plantio direto (SPD) constitui em importante alternativa para ocupar as áreas em pousio e aumentar a sustentabilidade do produtor rural pelo fato de proporcionar: (i) vantagens biológicas e econômicas (BALBINOT JÚNIOR et al., 2009); (ii) intensificação e maximização do uso das terras em exploração (LANDERS, 2007); (iii) aumento da rentabilidade e diminuição dos riscos (FONTANELI et al., 2006); (iv) sequestro de carbono e diminuição da emissão de gases de efeito estufa (CERRI et al., 2010). Adicionalmente, o adequado pastejo animal durante o inverno, na ILP sob SPD, pode resultar em: (i) incremento na ciclagem de nutrientes, particularmente do nitrogênio e aumento do rendimento de milho (ASSMANN et al., 2003); (ii) não alteração tanto na nodulação (FONTANELI et al., 2000), quanto no rendimento de soja (NICOLOSO et al., 2006); e melhoria na qualidade do solo (ANGHINONI et al., 2011). Neste contexto, o presente estudo se mostrou necessário, para o entendimento das questões que envolvem o sistema solo-planta-animal quando o sistema contempla diferentes espécies forrageiras, culturas e categorias animais.

Em relação ao manejo da pastagem, novos interesses têm sido levantados, além da simples otimização da qualidade e da quantidade de forragem para a produção animal (SANDERSON et al., 2004). Tais interesses vão além das fronteiras tradicionais entre a agricultura, a agronomia e a ecologia, pois visam maior sustentabilidade do ecossistema por meio da redução de insumos, como fertilizantes e pesticidas, maior proteção do solo e sequestro de carbono, biodiversidade animal e resistência à invasão por plantas indesejáveis e pragas.

A maior diversidade de espécies vegetais tem contribuído para o alcance destes interesses. Por exemplo, Smith et al. (2008) relataram que a crescente diversidade de espécies no sistema de produção pode levar a aumentos significativos na produção das culturas, especificamente o milho. Sleugh et al. (2000) sugerem que o maior nível de proteína bruta em pastagens constituídas por misturas de leguminosas e gramíneas, contribui para a redução da necessidade de fornecimento de suplementação alimentar para a produção animal. Tal aumento na qualidade da forragem ocorre de forma mais equilibrada ao longo do ciclo

vegetativo, melhorando assim a disponibilidade de forragem. Portanto, são importantes os avanços no entendimento da contribuição de uma maior diversidade de espécies para a sustentabilidade dos ecossistemas. Contudo, ainda é grande a necessidade de tais estudos quando em sistemas integrados de produção agricultura-pecuária.

Esta pesquisa será apresentada na forma de quatro artigos que serão submetidos a periódicos científicos conforme descrito a seguir:

- 1) Desempenho de novilhas leiteiras em pastagens anuais de inverno sob sistema de integração lavoura-pecuária. *Dairy heifers' performance in winter annual pastures under integrated crop-livestock system*. Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB). Situação atual: publicado (Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v.46, n.10, p.1372-1378, out. 2011).
- 2) Produção de milho e soja em sistema integrado sob plantio direto com diferentes combinações de pastos e categorias animais. *Maize and soybeans production in integrated system under no-tillage with different pasture combinations and animal categories* – Revista Ciência Agronômica. Situação atual: em fila para edição.
- 3) Atributos químicos e físicos do solo na integração lavoura-pecuária sob plantio direto. *Chemical and physical soil attributes in crop-livestock integration under no-tillage* – Scientia Agrícola. Situação atual: "in review".
- 4) Viabilidade econômica da produção de novilhas leiteiras a pasto na integração lavoura-pecuária sob plantio direto. *Economic viability of dairy heifers production on pasture in crop-livestock integration under no-tillage* – Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB). Situação atual: aguardando designação.

2. HIPÓTESES

Esta pesquisa foi desenvolvida com base na premissa de que: (i) a maior riqueza específica, isto é, um maior número de espécies forrageiras, melhora a produtividade da pastagem; (ii) a presença de animais, em cargas adequadas, afetaria positivamente tanto a produção de biomassa de forragem no inverno quanto o rendimento das culturas subsequentes produtoras de grãos; (iii) o pastejo de novilhas leiteiras em durante o inverno, na ILP sob SPD, afetaria positivamente a qualidade química e física do solo, bem como a disponibilidade de nutrientes; (iv) a recria de novilhas leiteiras em pastagens anuais de inverno, em substituição ao cultivo de cereais de inverno e culturas de cobertura de solo, é uma alternativa rentável aos produtores da região dos Campos Gerais do Paraná.

3. OBJETIVO GERAL

Avaliar a viabilidade da recria de novilhas leiteiras em pastagens de inverno na integração lavoura-pecuária, sob plantio direto, sem suplementação, como alternativa ao cultivo de cereais de inverno.

3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Avaliar o efeito da composição botânica da fase pastagem em sistemas integrados, isto é, misturas de espécies forrageiras (gramíneas e leguminosas) *versus* monocultivos de gramíneas, sobre o desempenho de novilhas leiteiras;
- b) Avaliar o efeito de diferentes categorias animais (leves e pesados) no rendimento da pastagem e no ganho de peso de novilhas leiteiras;
- c) Avaliar o rendimento de grãos e atributos fitotécnicos nas culturas de soja e milho, em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto, após

pastagens anuais de inverno, puras ou diversificadas, com ausência ou presença de animais em pastejo;

- d) Avaliar os efeitos do pastejo de animais leves e pesados em pastagem pura de azevém e diversificada, nos principais atributos químicos e físicos do solo, após 21 meses de integração lavoura-pecuária sob sistema de plantio direto;
- e) Avaliar economicamente a produção de novilhas leiteiras em pastagens anuais de inverno, no sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto, em substituição ao cultivo de cereais de inverno.

4. Desempenho de novilhas leiteiras em pastagens anuais de inverno sob sistema de integração lavoura-pecuária

Hernani Alves da Silva⁽¹⁾, Anibal de Moraes⁽¹⁾, Paulo César de Faccio Carvalho⁽²⁾ e Laíse da Silveira Pontes⁽³⁾

⁽¹⁾Universidade Federal do Paraná, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias. Rua dos Funcionários, 1540, CEP 80035-050, Curitiba, PR. E-mail: hernani@castrolanda.coop.br, anibalm@ufpr.br; ⁽²⁾Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Av. Bento Gonçalves, 7712, Caixa Postal, 776, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS. E-mail: paulocfc@ufrgs.br; ⁽³⁾Instituto Agrônômico do Paraná, Av. Euzébio de Queiróz, s/n, Uvaranas, Caixa Postal 129, CEP 84001-970, Ponta Grossa, PR. E-mail: laisepontes@iapar.br.

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade da recria de novilhas em pastagens de inverno puras ou consorciadas, sob sistema de integração lavoura-pecuária. O experimento foi realizado no Município de Castro, PR. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, em arranjo fatorial, com duas categorias de animais – leves, com peso médio de $192 \pm 40,9$ kg, e pesados, com $278 \pm 41,2$ kg -, e dois tipos de pastagem: consorciada, composta de azevém anual (*Lolium multiflorum*), aveia preta (*Avena strigosa*), trevo branco (*Trifolium repens*) e trevo vermelho (*Trifolium pratense*); e pastagem pura de azevém anual. Foi utilizado o método de pastoreio contínuo com lotação variável, visando manter uma altura constante de 20 cm. A pastagem com azevém anual proporcionou ganho de peso médio diário significativamente superior ($0,93 \pm 0,032$ kg por dia por animal) ao da

pastagem consorciada ($0,79 \pm 0,032$ kg por dia). Os animais leves apresentaram maior ganho de peso por hectare ($3,54 \pm 0,163$ kg ha⁻¹ por dia) do que os pesados ($2,99 \pm 0,163$ kg ha⁻¹ por dia), o que foi influenciado pelo tipo de pastagem: animais leves apresentaram melhor desempenho em pastagem pura, e animais pesados em pastagem consorciada. A recria de novilhas leiteiras é viável durante a fase de pastagens de sistemas de integração lavoura-pecuária.

Termos para indexação: desempenho animal, recria de novilhas, sistema integrado de produção.

Dairy heifers' performance in winter annual pastures under integrated crop-livestock system

Abstract – The objective of this work was to assess the rearing viability of dairy heifers grazing single or intercropped winter pastures, under crop-livestock integration system. The experiment was carried out in Castro, Paraná state, Brazil. A complete block design was used, in a factorial arrangement, with two animal categories - light-weight, with 192 ± 40.9 kg and heavy-weight animals, with 278 ± 41.2 kg -, and two pasture types: annual ryegrass (*Lolium multiflorum*) intercropped with black oat (*Avena strigosa*), white clover (*Trifolium repens*) and red clover (*Trifolium pratense*); and single annual ryegrass pasture. A continuous grazing method with variable stocking was used, with 20-cm sward management height. Single annual ryegrass pasture provided an average daily gain (0.93 ± 0.032 kg per day per animal) significantly higher than intercropped pastures (0.79 ± 0.032 kg per day). Light

animals had higher weight gain per hectare ($3.54 \pm 0.163 \text{ kg ha}^{-1}$ per day) than heavy animals ($2.99 \pm 0.163 \text{ kg ha}^{-1}$ per day), which was influenced by pasture type: light animals had best performance on single pasture, and heavy animals on intercropped pastures. Rearing dairy heifers is viable in the pasture phase of integrated crop-livestock systems.

Index terms: animal performance, heifer rearing, integrated production system.

Introdução

O sistema de criação de bezerras e novilhas leiteiras é um alto investimento de médio e longo prazo. Na formação do custo de produção do leite, o custo na criação dos animais de reposição é considerado uma das maiores fontes de despesas (15 a 20%), abaixo somente das despesas com a alimentação do rebanho em produção (Heinrichs, 1993). Segundo Gabler et al. (2000), a alimentação representa 60% do custo total na criação de novilhas de reposição. Portanto, minimizar gastos na criação de novilhas sem prejudicar o potencial produtivo destes animais deve ser priorizado nos sistemas de criação.

Na região Sul do Brasil, o uso de pastagens de inverno intercaladas com culturas comerciais no verão, como soja, milho ou feijão, constitui uma estratégia de elevada importância em virtude da carência de alternativas de cultivos agrícolas economicamente viáveis durante o inverno (Balbinot Junior et al., 2009). Assim, sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) possibilitam a intensificação da viabilidade econômica de áreas agrícolas subutilizadas e proporcionam vantagens biológicas aos sistemas de produção (Balbinot Junior et al., 2009), sendo uma boa oportunidade de negócio, com a possibilidade de recria de novilhas durante o inverno. Contudo, para que esses sistemas expressem todo o seu potencial, algumas práticas devem ser consideradas, como rotação de culturas, plantio

direto, correção da acidez e da fertilidade do solo, emprego de genótipos melhorados e manejo correto da pastagem, com carga animal adequada (Moraes et al., 2002).

Smith et al. (2008) relatam que a crescente diversidade de espécies nos sistemas de produção pode levar a aumentos significativos na produção das culturas, especificamente o milho. Sleugh et al. (2000) sugerem que o maior nível de proteína bruta em pastagens constituídas por misturas de leguminosas e gramíneas, contribui para a redução da necessidade de fornecimento de suplementação alimentar para a produção animal. No entanto, apesar dos avanços no entendimento da importância de uma maior diversidade de espécies para a sustentabilidade dos ecossistemas, é grande a necessidade de estudos com sistemas integrados de produção agricultura-pecuária, particularmente na região dos Campos Gerais, no estado do Paraná.

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar o desempenho de novilhas leiteiras em pastagens de inverno no sistema ILP. Ainda, foram realizadas avaliações de: (i) efeito da composição botânica da fase pastagem de sistemas integrados, misturas de espécies forrageiras (gramíneas e leguminosas) *versus* monocultivos de gramíneas, sobre o desempenho de novilhas leiteiras, e (ii) efeito de diferentes categorias animais (leves e pesados) no rendimento da pastagem e no ganho de peso de novilhas leiteiras. A hipótese em estudo é a de que a maior riqueza específica, no caso um maior número de espécies forrageiras, melhora a produtividade da fase pastagem.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em uma área de 17 ha, na Unidade de Produção de Novilhas da Cooperativa Agropecuária Castrolanda, no município de Castro, Paraná, entre

julho e outubro de 2008 e de 2009. Em 2008, o pastoreio ocorreu no período de 29 de julho a 22 de outubro, e em 2009, de 26 de junho a 5 de outubro. A área experimental está localizada na região fisiográfica denominada Primeiro Planalto Paranaense, situada entre as coordenadas 24°47'28" latitude sul e 50°00'25" longitude Oeste, com altitude de 1005 m.

O clima da região, segundo classificação de Köppen, é subtropical úmido do tipo Cfb (Instituto Agrônômico do Paraná), com verões frescos e invernos com ocorrência de geadas severas e frequentes, sem estação seca definida. A precipitação média anual está entre 1600 e 1800 mm.

A área utilizada para a instalação do experimento tem sido manejada no sistema de plantio direto há mais de cinco anos, com cultivo de milho ou soja para produção de grãos, no verão, e azevém anual e/ou aveia preta para pastoreio animal (novilhas leiteiras) no inverno. O solo predominante na área experimental é classificado como Latossolo bruno distrófico, com textura argilosa (384 g kg⁻¹ de areia, 439 g kg⁻¹ de argila e 177 g kg⁻¹ de silte, na camada de 0 a 10 cm de profundidade), fase relevo suave ondulado (2-4% de declive médio) segundo levantamento semidetalhado de solos, Município de Castro (2001).

A pastagem consorciada foi semeada em sistema de plantio direto em 15/05/2008 com 50 kg ha⁻¹ de sementes de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) comum, 80 kg ha⁻¹ de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb), 1,7 kg ha⁻¹ de trevo branco (*Trifolium repens* L.) e 2,0 kg ha⁻¹ de trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.). Foram utilizados cerca de 300 kg ha⁻¹ do formulado NPK 05-25-25, por ocasião da semeadura, 5 cm ao lado e abaixo da semente, e 150 kg ha⁻¹ do formulado NPK 22-00-21, como fertilização de cobertura, 36 dias após a emergência das plantas. A pastagem de azevém foi semeada em 12/05/2008, com 80 kg ha⁻¹ de sementes. A adubação de base e de cobertura foi a mesma realizada na pastagem consorciada. Em 2009, a pastagem consorciada foi semeada no dia 6 de maio, com 60 kg ha⁻¹ de sementes de azevém anual (comum), 60 kg ha⁻¹ de aveia preta, 4 kg ha⁻¹ de trevo branco e 8 kg ha⁻¹ de

trevo vermelho. A pastagem pura de azevém foi semeada em 5 de maio, com 60 kg ha^{-1} de sementes. Na adubação do segundo ano, para os dois tipos de pastagem foram utilizados cerca de 380 kg ha^{-1} do formulado NPK 03-19-00, por ocasião da semeadura, e 300 kg ha^{-1} do formulado 18-00-18, em cobertura, espalhado em área total.

Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso, em arranjo fatorial 2×2 , com duas categorias de animais (animais leves e pesados) e dois tipos de pastagem (consorciada e pura). Os animais leves apresentavam, em média $192 \pm 40,9 \text{ kg}$ de peso vivo (PV) e idade média de $9,4 \pm 2,31$ meses, enquanto os animais pesados tinham, aproximadamente, $278 \pm 41,2 \text{ kg}$ de PV e idade média de $19,6 \pm 2,47$ meses. Três blocos foram avaliados, cada um contendo os dois tipos de pastagem e as duas categorias animais. As parcelas dos tratamentos com animais leves ocuparam em média $1,2 \pm 0,42 \text{ ha}$, e as parcelas com animais pesados, em média $1,4 \pm 0,59 \text{ ha}$.

O método de pastoreio foi o contínuo. Cada piquete contou com quatro animais testadores e um número variável de animais reguladores, tendo-se utilizado a técnica “put and take”, descrita por Mott & Lucas (1952), para manter altura de manejo constante de 20 cm (Carvalho, 2005). Semanalmente realizou-se a medição da altura da pastagem, com o auxílio do bastão graduado “sward stick” (Barthram, 1985), em 100 pontos por unidade experimental. Estas avaliações foram realizadas para ajustar a carga animal. Os animais testadores foram novilhas da raça Holandês Preto e Branco (HPB) e mestiças (1/2 sangue) HPB com Jersey. As novilhas foram distribuídas nos piquetes, tendo-se considerando o peso médio dos animais, para manter o peso médio desejado para cada tratamento. Durante o período experimental, os animais receberam água a vontade e sal energético mineralizado na proporção de 100 g para cada 100 kg de PV por dia.

Para a avaliação da composição química da pastagem, foram realizadas coletas

aleatórias a cada 21 dias, durante cinco períodos distintos, com cinco amostras de 0,25 m² por parcela, cortadas rente ao solo. Após determinação de massa seca (MS) pela secagem em estufa a 65°C até peso constante, estimou-se: o teor de proteína bruta (PB), conforme metodologia descrita por Silva (1990), a proporção de fibra em detergente neutro (FDN) e de fibra em detergente ácido (FDA), de acordo com metodologia de Van Soest et al. (1991). Para a estimativa dos nutrientes digestíveis totais (NDT) foram utilizadas as fórmulas descritas por Robinson et al. (2004).

A avaliação da taxa de acúmulo MS foi estimada segundo a técnica das gaiolas com triplo emparelhamento. Foram empregadas três gaiolas por unidade experimental, com dimensões de 50 x 50 cm. A taxa de acúmulo foi obtida pela diferença entre a MS da amostra colhida dentro da gaiola na data da amostragem (i) e a MS da amostra colhida fora da gaiola na data da amostragem anterior (i-1), dividida pelo número de dias entre as avaliações (21 dias em média). As amostras foram coletadas com o uso de quadrados de ferro com dimensões de 50 x 50 cm.

A produção total de MS foi determinada pela soma da massa de forragem inicial com as produções de forragem obtidas a cada intervalo de avaliação (taxa de acúmulo multiplicada pelo número de dias de cada ciclo de pastejo). A oferta de forragem foi calculada com a fórmula $OF = (MF/n + TAC)100/CA$, em que: OF= oferta de forragem (%); MF, a massa de forragem média (kg ha⁻¹ de MS) = $[MF\ inicial + MF\ final/2]$; n, número de dias do ciclo de pastejo; TAC, taxa de acúmulo de forragem (kg ha⁻¹ por dia de MS); CA, carga animal média do ciclo de pastejo (kg ha⁻¹ de PV).

Os animais foram pesados no início do experimento, na data de entrada nas parcelas, em 29/07/2008 e 26/06/2009 e a cada 30 dias até o final do experimento. Todas as pesagens dos animais foram realizadas após jejum prévio de sólidos e líquidos de 12 horas, com o uso de

balança eletrônica.

A carga animal (kg ha^{-1}) foi obtida pelo somatório dos pesos médios de todos os animais presentes em cada piquete multiplicada pelo número de dias que cada animal permaneceu no piquete, dividido pelo número total de dias de pastejo. O ganho médio diário dos animais (GMD, $\text{kg por animal por dia}$) foi obtido periodicamente pela diferença entre o peso final e inicial dos animais dividido pelo número de dias transcorridos entre as pesagens. O ganho de PV por hectare (Gha, kg ha^{-1}) foi determinado pela multiplicação do GMD dos animais pela lotação por piquete e pelo número de dias que permaneceram em pastejo.

Análises de variância (ANOVA) foram realizadas com os dados de carga animal, GMD, Gha, taxa de acúmulo, massa de forragem, oferta de forragem e composição química da forragem (PB, FDN, FDA e NDT). Os dados foram analisados com o procedimento “General Linear Models” do programa Statgraphics Plus (Manugistics, Rockville, Maryland, USA), tendo-se assumido os blocos como efeito aleatório e os demais fatores como efeitos fixos. O efeito período “nested” em cada ano foi introduzido no modelo como um fator repetido no tempo. Quando necessário, antes da ANOVA, os dados foram transformados com a função arco-seno para satisfazer os testes de normalidade (Dagnelie, 1986).

Resultados e discussão

A análise de variância para PB, FDA, FDN e NDT (Tabela 1) mostra que o período do ano foi o fator de variação mais importante, tendo explicado acima de 70% da variância total observada em FDA, FDN e NDT. Para PB o tipo de pastagem (pura ou consorciada) também se destacou como fator de variação. A forragem, independentemente do tipo de pastagem, apresentou PB mais elevada ($202,6 \pm 28,88 \text{ g kg}^{-1}$) no primeiro período de coleta, em agosto de

2008 ou julho de 2009. Valores de NDT também foram significativamente superiores ($678,7 \pm 24,40 \text{ g kg}^{-1}$) no primeiro período (Tabela 2). Neste período, a pastagem apresentava-se em pleno desenvolvimento vegetativo. O ciclo da pastagem terminou em outubro (quinto período) quando os maiores teores de MS, FDA e FDN foram observados, provavelmente em virtude do amadurecimento das plantas, refletindo mudanças no estágio fenológico das espécies (Pontes et al., 2007).

Diferenças significativas, em relação ao ano e ao tipo de pastagem, foram observadas para a variável PB e explicaram, 25 e 16% da variância total (Tabela 1). Em 2008, observou-se um teor médio em PB de $118,5 \pm 55,19 \text{ g kg}^{-1}$ e, em 2009, de $167,5 \pm 32,08 \text{ g kg}^{-1}$.

A pastagem pura de azevém anual apresentou teor médio de PB de $122,6 \pm 45,26 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto a pastagem consorciada, composta por azevém anual, aveia preta, trevo branco e trevo vermelho, apresentou teores significativamente mais elevados ($163,3 \pm 49,01 \text{ g kg}^{-1}$), apesar da baixa proporção de trevos (6,2%, dados não mostrados). Resultados semelhantes foram obtidos por Slengh et al. (2000), ao verificar teores de PB em pastagens de gramíneas inferiores ao observado em misturas de leguminosas e gramíneas. Diversos autores (Zemenchik et al., 2002; Deak et al., 2007) têm relatado que a variação na concentração de PB, em pastagens com misturas de espécies forrageiras, é explicada pela proporção de leguminosas. Portanto, a presença de leguminosas contribui para o melhoramento da qualidade da forragem, reduzindo também as variações sazonais.

A pastagem pura apresentou teores de FDA e FDN significativamente ($P < 0,05$, Tabela 1) menores que os observados na pastagem consorciada. Os teores médios de FDA para a pastagem pura foi de $312 \pm 50,9 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto que a pastagem consorciada apresentou teores médios de $325 \pm 50,75 \text{ g kg}^{-1}$ ($P < 0,001$). Em relação à FDN, a pastagem de azevém apresentou teores médios de $577 \pm 73,9 \text{ g kg}^{-1}$, enquanto que a pastagem consorciada apresentou teores médios de $590 \pm 86,3 \text{ g kg}^{-1}$ ($P < 0,05$). Os valores de NDT também foram significativamente

superiores ($P < 0,001$) na pastagem de azevém ($604 \pm 58,53 \text{ g kg}^{-1}$) em comparação à consorciada ($589 \pm 58,38 \text{ g kg}^{-1}$).

Quanto à taxa de acúmulo de MS, tanto o fator ano como o fator período de coleta apresentaram efeito significativo ($P < 0,001$), tendo explicado, respectivamente, 29 e 26% da variância total (Tabela 3). A taxa de acúmulo de MS média em 2008 ($74,4 \pm 29,66 \text{ kg ha}^{-1}$ por dia) foi significativamente superior à taxa de acúmulo de 2009 ($42,4 \pm 19,48 \text{ kg ha}^{-1}$ por dia). Maiores valores foram observados no terceiro período ($74,0 \pm 31,57 \text{ kg ha}^{-1}$ por dia), independentemente do tipo de pastagem. Este resultado foi superior aos relatados por Assmann et al. (2004), ao observarem valores máximos para a taxa de acúmulo de MS de $57,6 \text{ kg ha}^{-1}$ por dia em pastagem de azevém e aveia, com ou sem trevo branco. Não foram observadas diferenças significativas na taxa de acúmulo entre os tipos de pastagem (pura ou consorciada, $P = 0,8736$) e os tipos de animais (leve ou pesado, $P = 0,2675$). Assmann et al. (2004) relataram que a presença do trevo-branco em pastagens de gramíneas não teve influência na taxa de acúmulo diária de MS.

Em relação à massa de forragem, o fator ano e o período de coleta explicam, respectivamente, 60% e 15% da variância total (Tabela 3). Para a oferta de forragem, esses fatores também apresentaram efeito significativo, tendo explicado, respectivamente, 58 e 10% da variância total. A produção de MS de forragem em 2008 foi, em média, de $3.495,4 \pm 61,80 \text{ kg ha}^{-1}$, significativamente superior à MS de forragem de 2009 ($1.853,8 \pm 61,80 \text{ kg ha}^{-1}$) (Figura 1). Em 2008, a maior massa de forragem foi explicada pela maior taxa de acúmulo de MS verificada ($74,4 \pm 29,66 \text{ kg ha}^{-1}$ por dia) e pela estratégia de manejo adotada. Em 2009, foi utilizada maior carga animal ($1.151,1 \pm 46,75 \text{ kg ha}^{-1}$), em comparação à 2008 ($910,0 \pm 46,75 \text{ kg ha}^{-1}$). A utilização de maior carga animal média em 2009, mostrou-se mais eficaz, pois proporcionou maior GMD ($0,90 \pm 0,032 \text{ kg por dia por animal}$) do que em 2008 ($0,81 \pm 0,032$

kg por dia por animal), com Gha de $3,10 \pm 0,163$ kg ha⁻¹ por dia, em 2008, e $3,43 \pm 0,163$ kg ha⁻¹ por dia em 2009. Apesar da análise de variância não ter mostrado diferença significativa para o GMD e Gha quanto ao efeito ano, esta diferença pode resultar em ganho econômico importante, sem comprometer a produtividade do sistema ILP. Ganhos provenientes de alterações no manejo são muito relevantes quando se trata de pastagens de alta qualidade, em solos de elevada fertilidade, em sistemas em rotação com lavoura (Carvalho et al., 2010).

A oferta de forragem média em 2008 de $21,9 \pm 0,55\%$ (Figura 1) foi significativamente superior à oferta em 2009 ($10,3 \pm 0,55\%$). Esses valores estão correlacionados à massa de forragem superior observada em 2008 e à maior carga animal utilizada em 2009. Quanto aos períodos de coleta, o terceiro período - de 17/09/2008 a 1/10/2008, e de 22/08/2009 a 12/09/2009 - apresentou a maior oferta de forragem, 19,48% (Figura 1). A maior oferta neste período coincidiu com a curva de acúmulo de MS.

Os fatores ano, peso animal e suas interações apresentaram efeito significativo sobre a carga animal (Tabela 4). Contudo, o tipo de pastagem não teve efeito significativo sobre esta variável, embora alguns autores (Restle et al., 2000; Marchezan et al., 2002) tenham relatado que, em pastagens consorciadas, com misturas de gramíneas-leguminosas, a carga animal é, em geral, mais elevada. A carga animal média foi de $910 \pm 46,75$ kg ha⁻¹ de PV, em 2008, e de $1.151 \pm 46,75$ kg ha⁻¹ em 2009. Valores inferiores foram relatados por Restle et al. (2000) e Marchezan et al. (2002). Para animais leves a carga animal foi de $927 \pm 46,75$ kg ha⁻¹ e, para os pesados, de $1.134 \pm 46,75$ kg ha⁻¹. A variável carga animal sofreu efeito da interação entre os fatores ano x peso animal (Tabela 1). Maior diferença entre os anos foi observada com animais pesados (diferença de 449 kg ha⁻¹ contra 34 kg ha⁻¹ para os animais leves).

A análise de variância indica que o fator peso animal teve efeito significativo sobre o Gha. As interações entre os fatores ano x tipo de pastagem e entre tipo de pastagem x peso

animal foram significativas para o Gha (Tabela 4). Os animais leves apresentaram Gha superior ($3,54 \pm 0,163$ kg ha⁻¹ por dia) aos animais pesados ($2,99 \pm 0,163$ kg ha⁻¹ por dia) independentemente do tipo de pastagem. Em 2008, o Gha foi superior em pastagem consorciada, sendo observado o oposto em 2009 (Tabela 5). Os animais leves apresentaram maior Gha em pastagem pura de azevém ($3,85 \pm 0,231$ kg ha⁻¹ por dia), enquanto os animais pesados tiveram maior Gha em pastagem consorciada ($3,34 \pm 0,231$ kg ha⁻¹ por dia).

Apenas o fator tipo de pastagem apresentou efeito significativo sobre o GMD (Tabela 4). Animais mantidos em pastagem pura de azevém apresentaram GMD superior ($0,93 \pm 0,032$ kg por dia por animal) aos animais mantidos em pastagem consorciada composta de azevém, aveia, trevo banco e trevo vermelho ($0,79 \pm 0,032$ kg por dia), o que contraria a hipótese de que a maior riqueza de espécies aumenta a produtividade da pastagem. Apesar dos maiores valores de PB observados na pastagem consorciada, em comparação à pastagem pura, estes resultados não refletiram em maior GMD. A menor proporção de parede celular (FDN e FDA) e a maior proporção de NDT em pastagem pura podem ter contribuído para um maior consumo animal e, conseqüentemente, maior GMD.

Embora os animais mantidos em pastagem pura tenham apresentando GMD superior, os dois tipos de pastagem proporcionaram GMD adequados para ambos os tipos de animais testados (entre 8 e 19 meses de idade). Pirlo et al. (1997) propõem ganho de peso na faixa de 0,7 kg por dia para novilhas de 3 aos 12 meses de idade e 0,9 kg por dia para novilhas de 12 meses de idade até o parto. Segundo os autores, esses ganhos de peso representam uma alternativa econômica ao produtor e não afetam o desenvolvimento da glândula mamária. O National Research Council (2001) propõe ganho de peso na faixa de 0,8 a 0,9 kg por dia para novilhas com parto antes dos 24 meses de idade. Restle et al. (2000), ao avaliar bezerras de corte com idade média de 10 meses, em pastagem de aveia preta e azevém, relataram ganho médio diário de 0,615 kg dia⁻¹. Resultados similares também foram obtidos por Pilau et al.

(2004), ao observar GMD de 0,751 kg por dia, em pastagem de aveia preta e azevém, sem suplementação. Esses mesmos autores obtiveram GMD de 0,936 kg por dia em animais que receberam suplementação na proporção de 1,5% do PV, semelhantes aos resultados observados neste trabalho, porém sem o uso de suplementação. Portanto, os resultados de GMD aqui observados estão dentro das faixas ideais, tendo sido, muitas vezes, até superiores aos descritas na literatura.

Conclusões

1. Pastagens puras de azevém possibilitam maior ganho médio diário de novilhas em recria do que pastagens de azevém anual consorciadas (gramíneas-leguminosas), com predominância de gramíneas (azevém e aveia preta).
2. O desempenho por unidade de área depende da categoria animal, sendo que novilhas leves têm melhor desempenho em pastagens puras de azevém, enquanto novilhas pesadas têm melhor desempenho em pastagens consorciadas.

Referências

- 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**, v.33, n.1, p.37-44, 2004.
- BALBINOT JR., A.A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v.39, n.6, p-1925-1933, 2009.

BARTHAM, G. T. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: BIENNIAL REPORT OF THE HILL FARMING, 1984-1985, Penicuik. **Proceedings**. Penicuik: Hill Farming Research Organization, 1985. p.29-30.

CARVALHO, P.C. de F. O Manejo da pastagem como gerador de ambientes pastoris adequados à produção animal. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 22., 2005, Piracicaba. **Teoria e prática da produção animal em pastagens**. Piracicaba: FEALQ, 2005. p.7-32.

CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A.; SOUZA, E.D.; SULC, R.M.; LANG, C.R.; FLORES, J.C.; TERRA LOPES, M.L.; SILVA, J.L.S.; CONTE, O.; WESP, C.L.; LEVIEN, R.; FONTANELI, R.; BAYER, C. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.88, p.259-273, 2010.

DAGNELIE, P. **Théorie et méthodes statistiques**, 2 ed. Gembloux: Les Presses Agronomiques, 1986. v.2, 464p.

DEAK, A.; HALL, M.H.; SANDERSON, M.A.; ARCHIBALD, D.D. Production and Nutritive Value of Grassed Simple and Complex Forage Mixtures. **Agronomy Journal**, v.99, p.814-821, 2007.

GABLER, M.T., TOZER, P.R.; HEINRICHS, A.J. Development of a cost analysis spreadsheet for a calculating the costs to raise a replacement dairy heifer. **Journal Dairy Science**, v.83, p. 1104-1109, 2000.

HEINRICHS, A.J. Raising replacement heifers to meet the needs of the 21st century. **Journal Dairy Science**, v.76, p.3179-3187, 1993.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do Estado do Paraná 1994**. Londrina: IAPAR, 1994. 49p. (IAPAR. Documentos, 18).

LEVANTAMENTO semidetalhado de solos, município de Castro: relatório interno. Londrina: Embrapa Solos, 2001. 86p.

MARCHEZAN, E.; VIZZOTTO, V.R.; ROCHA, M.G.; MOOJEN, E.L.; SILVA, J.H.S. Produção animal em várzea sistematizada cultivada com forrageiras de estação fria submetidas a diferentes níveis de adubação. **Ciência Rural**, v.32, n.2, p.303-308, 2002.

MORAES, A.; PELISSARI, A.; ALVES, S.J.; CARVALHO, P.C. de F.; CASSOL, L.C. Integração lavoura-pecuária no sul do Brasil. In: ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO SUL BRASIL, I., 2002, Pato Branco. **Anais**. Pato Branco: CEFET, 2002. p. 3-42.

MOTT, G.O.; LUCAS, H.L. The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 6, 1952, State College. **Proceeding**. State College: Pennsylvania State College, 1952, p.1380-1385.

NATIONAL RESEARCH COUCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7th ed. rev. Washington: National Academy Press, 2001.

PILAU, A.; ROCHA, M.G.; RESTLE, J.; ESTIVALET, R.; NEVES, F.P; QUADROS. B.P. Recria de novilhas de corte com diferentes níveis de suplementação energética em pastagem de aveia preta e azevém. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2104-2113, 2004.

PIRLO, G.; CAPELLETTI, M.; MARCHETTO, G. Effects of energy and protein allowances in the diets of prepubertal heifers on growth and milk production. **Journal Dairy Science**, v.80, p.730-739, 1997.

PONTES L.S.; CARRERE P.; ANDUEZA D.; LOUAULT F.; SOUSSANA J.F. Seasonal productivity and nutritive value of temperate grasses found in semi-natural pastures in Europe: responses to cutting frequency and N supply. **Grass and Forage Science**, v.62, p.485-496, 2007.

RESTLE, J.; ROSO, C.; SOARES, A.B.; LUPATINI, G.C.; ALVES FILHO, D.C.; BRONDANI, I.L. Produtividade animal e retorno econômico em pastagem de aveia preta mais azevém adubada com fontes de nitrogênio em cobertura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29; p.357-364, 2000.

ROBINSON, P.H.; GIVENS, D.I.; GETACHEW G. Evaluation of NRC, UC Davis and ADAS approaches to estimate the metabolizable energy values of feeds equations utilizing chemical assays and in vitro determinations. **Animal Feeds Science and Technology**. 114, 1-4, p.75-90, 2004.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1990, 165p.

SLEUGH, B.; MOORE, K.J.; GEORGE, J.R.; BRUMMER, E.C. Binary Legume-Grass Mixtures Improve Forage Yield, Quality, and Seasonal Distribution. **Agronomy Journal**, v.92, p.24-29, 2000.

SMITH, R.G.; GROSS, K.L.; ROBERTSON, G.P. Effects of Crop Diversity on Agroecosystem Function: Crop Yield Response. **Ecosystems**, v.11, p.355-366, 2008.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, and non-starch polysaccharides in relation animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3587, 1991.

ZEMENCHIK, R.A.; ALBRECHT, K.A.; SHAVER, R.D. Improved nutritive value of kura, clover and birdsfoot trefoil with grass monocultures. **Agronomy Journal**, v.94, p.1131-1138, 2002.

Tabela 1. Análises de variância para os teores de proteína bruta, fibra em detergente ácido, fibra em detergente neutro e nutrientes digestíveis totais, com as respectivas proporções (%) da variância total explicadas (VE).

Fonte de Variação	GL	Proteína bruta		Fibra em detergente ácido		Fibra em detergente neutro		Nutrientes digestíveis totais	
		VE	p	VE	p	VE	p	VE	p
Ano (A)	1	25	***	11	***	3	***	11	***
Bloco	2	1	**	<1	ns	<1	ns	<1	ns
Período (B)	8	46	***	70	***	79	***	70	***
Peso (C)	1	<1	ns	<1	ns	<1	ns	<1	ns
Pastagem (D)	1	16	***	1	***	<1	*	2	***
A x C	1	<1	**	<1	**	<1	ns	<1	**
A x D	1	<1	**	2	***	<1	*	2	***
B x D	4	-	-	4	***	6	***	4	***

^{ns}Não significativo, *, ** e *** Significativo pelo teste F, a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente

Tabela 2. Composição química da pastagem (médias de 2008 e 2009, g kg⁻¹), em cinco períodos de coleta (entre julho e outubro)⁽¹⁾.

Período ⁽²⁾	Proteína Bruta	Fibra em detergente ácido	Fibra em Detergente neutro	Nutrientes digestíveis totais
Primeiro	202,6±28,88 a	247,6±21,22 d	468,6±48,47 d	678,7±24,40 a
Segundo	141,9±24,84 b	309,8±29,75 c	551,3±41,27 c	607,3±34,24 b
Terceiro	128,9±39,52 c	344,6±30,29 ab	644,4±40,97 a	567,1±34,85 cd
Quarto	125,6±52,00 c	337,2±23,39 b	608,1±22,89 b	575,7±26,89 c
Quinto	115,9±53,34 d	354,3±54,34 a	648,6±57,22 a	556,1±62,49 d

⁽¹⁾Médias±desvio padrão seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste LSD a 5% de probabilidade. ⁽²⁾Primeiro período, 29/07/2008 a 12/08/2008 e 26/06/2009 a 08/07/2009; segundo período, 13/08/2008 a 29/08/2008 e 09/07/2009 a 29/07/2009; terceiro período, 30/08/2008 a 16/09/2008 e 30/07/2009 a 21/08/2009; quarto período, 17/09/2008 a 01/10/2008 e 22/08/2009 a 12/09/2009; quinto período, 02/10/2008 a 22/10/2008 e 13/09/2009 a 05/10/2009.

Tabela 3. Análise de variância para taxa de acúmulo, massa de matéria seca de forragem (kg ha⁻¹) e oferta de forragem, com as respectivas proporções (%) da variância total explicadas (VE).

Fonte de variação	GL	Taxa de Acúmulo		Massa de forragem		Oferta de forragem	
		V.E	p	V.E	p	V.E	p
Ano (A)	1	29	***	60	***	58	***
Bloco	2	2	ns	5	***	<1	ns
Período (B)	6	26	***	15	***	10	***
Peso Animal (C)	1	<1	ns	<1	ns	5	***
Pastagem (D)	1	<1	ns	4	ns	1	ns
A x C	1	-	-	2	**	1	*
B x C	3	3	ns	-	-	-	-
B x D	6	-	-	4	**	4	*
C X D	1	-	-	3	***	-	-

^{ns}Não significativo. *, ** e *** Significativo pelo teste F, a 5, 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 4. Análise de variância para carga animal, ganho médio diário e ganho por hectare, com as respectivas proporções (%) da variância total explicadas (VE).

Fonte de variação	GL	Carga Animal		Ganho médio diário		Ganho por hectare	
		V.E	p	V.E	p	V.E	p
Ano (A)	1	25	**	10	ns	4	ns
Bloco	2	3	ns	11	ns	13	ns
Peso Animal (B)	1	18	**	<1	ns	12	*
Pastagem (C)	1	3	ns	26	**	<1	ns
A x B	1	18	**	-	-	-	-
A x C	1	-	-	-	-	18	*
B x C	1	-	-	-	-	18	*

^{ns}Não significativo. * e ** Significativo pelo teste F, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 5. Ganho por área (kg ha^{-1} por dia) obtido em pastagem pura de azevém (*Lolium multiflorum*) e em pastagem consorciada (*Lolium multiflorum*, *Avena strigosa*, *Trifolium repens* e *Trifolium pratense*), com animais leves ($192 \pm 40,9$ kg) ou animais pesados ($278 \pm 41,2$ kg), em 2008 e 2009.

	Pastagem Consorciada	Pastagem Pura
2008	$3,45 \pm 0,231$	$2,74 \pm 0,231$
2009	$3,12 \pm 0,231$	$3,74 \pm 0,231$
Animais Leves	$3,23 \pm 0,231$	$3,85 \pm 0,231$
Animais Pesados	$3,34 \pm 0,231$	$2,64 \pm 0,231$

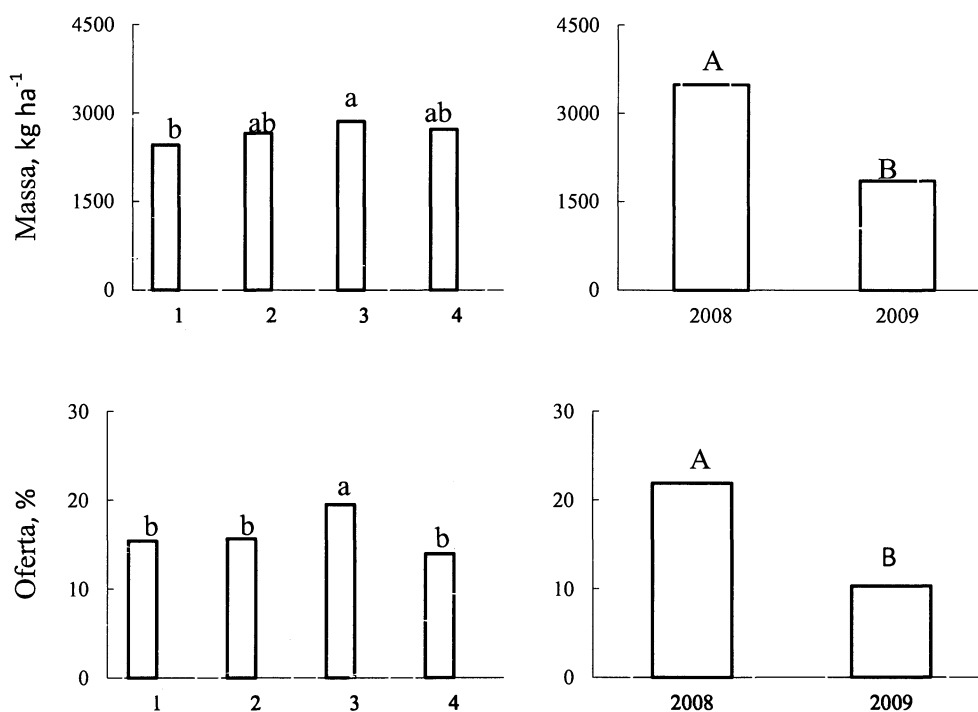


Figura 1. Massa e oferta de forragem em 2008 e 2009 em quatro períodos de coleta: primeiro, 12/08 a 29/08; segundo, 30/08 a 16/09; terceiro, 17/09 a 01/10; e quarto, 2/10 a 22/10, em 2008; primeiro, 08/07 a 29/07; segundo, 30/07 a 21/08; terceiro, 22/08 a 12/09; quarto, 13/09 a 05/10, em 2009. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste LSD, a 5% de probabilidade.

5. Produção de milho e soja em sistema integrado sob plantio direto com diferentes combinações de pastos e categorias animais

Maize and soybeans production in integrated system under no-tillage with different pasture combinations and animal categories

Hernani Alves da Silva^{1*}, Anibal de Moraes², Paulo César de Faccio Carvalho³, Adriel Ferreira da Fonseca⁴ e Carlos Tadeu dos Santos Dias⁵

Resumo - A adoção do sistema de plantio direto (SPD), aliado a integração lavoura pecuária (ILP) tem sido uma estratégia fomentada no Brasil, visando maximizar o rendimento das áreas e aumentar a lucratividade do agronegócio. O objetivo deste trabalho foi avaliar o rendimento de grãos e atributos fitotécnicos nas culturas de soja e milho, em sistema de ILP, sob plantio direto, após o cultivo de pastos anuais de inverno, puro ou diversificado, com ausência ou presença de animais em pastejo de diferentes categorias. O experimento foi instalado no município de Castro (PR), em um Latossolo Bruno distrófico textura argilosa, empregando-se um delineamento experimental de blocos completos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2, com três repetições. Os tratamentos incluíram quatro combinações de

* Autor para correspondência

¹ Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Rua dos Funcionários, 1540, CEP 80035-050, Curitiba, PR, Brasil, hernanialves@emater.pr.gov.br

² Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, UFPR, Curitiba, PR, Brasil, anibalm@ufpr.br

³ Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, paulocfc@ufrgs.br

⁴ Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Agrícola, Setor de Ciências Agrárias e de Tecnologia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, Brasil, adriel@uepg.br

⁵ Departamento de Ciências Exatas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil, ctsdias@esalq.usp.br

pastos (diversificadas ou puras) e categorias de animais (leves e pesados), submetidas ou não ao pastejo animal durante o inverno. Durante o verão de 2008/09 e 2009/10 a área foi cultivada com soja e milho, respectivamente, e procederam-se avaliações de rendimento de grãos e atributos fitotécnicos. Os tratamentos não alteraram o rendimento e o peso de mil sementes (PMS) de soja. Na cultura do milho, o pastejo animal, durante o inverno, aumentou a população de plantas e o rendimento de grãos, mas proporcionou ligeira diminuição no PMS. As combinações de pastos (diversificado ou puro) e categorias de animais (leves e pesados) não interferiram na cultura da soja, mas beneficiaram a cultura do milho.

Palavras-chave - *Zea mays* L.. *Glycine max* (L.) Merrill. Integração lavoura-pecuária. Agricultura conservacionista.

Abstract - The adoption of no-till system (NTS) combined with crop-livestock integration (CLI) has been a strategy promoted in Brazil, aiming to maximize areas yield and increase agribusiness profitability. This study aimed to evaluate grains yield and phytotechnical attributes from maize and soybean culture by CLI system under NTS after winter annual pure and diversified pastures with the absence or presence of grazing animals. The experiment was installed in Castro (Paraná State, Brazil) on in a dystrophic Humic Rhodic Hapludox with a clay texture, using experimental design of randomized complete blocks in 4 x 2 factorial scheme with three replications. Treatments included four pasture combinations (diversified or pure) and animal categories (light and heavy) subjected or not to grazing animals during the winter. During 2008/09 and 2009/10 summers, the area was cultivated with soybeans and maize, respectively, with yield assessment of grains and phytotechnical attributes. Treatments did not alter the yield and weight of a thousand seeds (WTS) of soybeans. In maize culture, the grazing animal during the winter increased the plant population and grains yield, but gave

slight decrease in WTS. Pasture combinations (diversified or pure) and animal categories (light and heavy) did not interfere in soybean culture, but benefited the maize crop.

Keywords - *Zea mays* L.. *Glycine max* (L.) Merrill. Crop-livestock system integration.

Introdução

O agronegócio representa, em média, 25% do PIB brasileiro (CEPEA, 2008) e, particularmente na região dos Campos Gerais, a produção agropecuária representa 10,4% do Valor Bruto da Produção (VBP) Agropecuária Paranaense (VALOR BRUTO..., 2008). Todavia, nem sempre as atividades agrícolas e pecuárias são geridas de forma integrada e sustentável. No ano agrícola de 2009/2010, dos 702.000 ha da região dos Campos Gerais cultivados com soja [*Glycine max* (L.) Merrill], milho (*Zea mays* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L), no verão, somente 27% desta área foram cultivados durante o inverno com cultura produtora de grãos (SEAB-DERVAL, 2010). O restante da área (512.460 ha) ficou em pousio ou foi cultivada com plantas de cobertura de solo, predominantemente aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) e azevém anual (*Lolium multiflorum* L.), as quais apresentam elevado potencial forrageiro (MACARI et al., 2006). Conseqüentemente a integração lavoura-pecuária (ILP) no sistema de plantio direto (SPD), constitui em importante alternativa para ocupar tais áreas e aumentar a sustentabilidade do produtor rural pelo fato de proporcionar: (i) vantagens biológicas e econômicas (BALBINOT JUNIOR et al., 2009); (ii) intensificação e maximização do uso das terras em exploração (LANDERS, 2007); (iii) aumento da rentabilidade e diminuição dos riscos (FONTANELI et al., 2006); (iv) sequestro de carbono e diminuição da emissão de gases de efeito estufa (CERRI et al., 2010).

No Sul do Brasil, há elevado potencial de produção de carne em pastagens hibernais puras ou diversificadas (ASSMANN et al., 2004; NICOLOSO et al., 2006). Em adição, observa-se elevado potencial de produção de leite em pastagens anuais de inverno (aveia preta e azevém anual), o qual está associado à diminuição da quantidade de suplementação concentrada (SILVA et al., 2008). Além disso, o adequado pastejo animal durante o inverno, na ILP sob SPD, pode resultar em: (i) incremento da ciclagem de nutrientes, particularmente do nitrogênio e aumento do rendimento de milho (ASSMANN et al., 2003); (ii) não alteração tanto na nodulação (FONTANELI et al., 2000) quanto no rendimento de soja (NICOLOSO et al., 2006). Todavia, ainda não são bem compreendidas as questões que envolvem o sistema solo-planta-animal, implicando na necessidade de pesquisas interdisciplinares com diferentes espécies forrageiras e culturas agrícolas, categorias animais e sistemas de pastejo (BALBINOT JUNIOR et al., 2009).

No presente experimento, com pastejo de novilhas leiteiras, testou-se a hipótese de que a presença de animais, em cargas adequadas, afetaria positivamente tanto a produção de biomassa de forragem no inverno quanto o rendimento das culturas subsequentes produtoras de grãos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o rendimento de grãos e atributos fitotécnicos nas culturas de soja e milho, em sistema de ILP sob plantio direto, após pastagens anuais de inverno, puras ou diversificadas, com ausência ou presença de animais em pastejo.

Material e métodos

Localização do experimento, histórico da área e caracterização edafoclimática

O experimento foi conduzido na Unidade de Produção de Novilhas da Cooperativa Agropecuária Castrolanda (latitude: 24°47'28"S; longitude: 50°00'25"W; altitude média: 1.005

m), no município de Castro (PR). A área experimental está localizada na região fisiográfica denominada Primeiro Planalto Paranaense cujo clima, segundo a classificação de Köppen, é subtropical úmido do tipo Cfb, apresentando verões frescos e invernos com ocorrência de geadas severas e frequentes, sem estação seca (Instituto Agrônômico do Paraná, 1994). Na Tabela 1 são apresentados os valores de temperatura e precipitação ocorridas durante o período experimental (setembro/2008 até abril/2010). O solo predominante na área experimental, segundo Embrapa/Fundação ABC (2001), é do tipo Latossolo Bruno distrófico, textura argilosa, fase relevo suave ondulado (2 a 4 %), com concentrações de areia, argila e silte de 384, 439 e 177 g kg⁻¹, respectivamente.

A área utilizada para a instalação do experimento tem sido manejada no SPD desde 2003, cultivando-se milho ou soja para produção de grãos, na primavera/verão, e azevém anual e/ou aveia preta para pastoreio animal (novilhas leiteiras), durante o outono/inverno. Nos cultivos de milho foram utilizados 300 kg ha⁻¹ do formulado 10-20-20 (N-P₂O₅-K₂O), por ocasião da semeadura, e 400 kg ha⁻¹ do formulado 22-00-21, como fertilização de cobertura. Nos cultivos de soja, foram empregados 300 kg ha⁻¹ do formulado 00-20-20, por ocasião da semeadura e 150 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (60% de K₂O), como fertilização de cobertura. Também foram aplicados, até o ano de 2008, aproximadamente 50 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco líquido de suíno e, no mês de julho/2009, procedeu-se a calagem superficial, sem incorporação, na dose de 3,0 Mg ha⁻¹ (calcário contendo 898, 286 e 195 g kg⁻¹ de PRNT, CaO e MgO, respectivamente). Os principais atributos químicos da área por ocasião da implantação do experimento são mostrados na Tabela 2.

Delineamento experimental, tratamentos e condução do experimento

O experimento se iniciou no ciclo da pastagem de outono-inverno, em junho/2008. O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos casualizados, em esquema

fatorial 4 x 2, com três repetições. Os tratamentos incluíram quatro combinações de pastagens e categorias animais (novilhas leiteiras) submetidas ou não ao pastejo. Durante o período de inverno, foram estudados quatro tratamentos: C1 – animais leves ($192 \pm 40,9$ kg de peso vivo e idade de $9,4 \pm 2,31$ meses) em pastagem diversificada composta de azevém anual comum, aveia preta comum, trevo branco (*Trifolium repens* L.) e trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.); C2 – animais pesados ($278 \pm 41,2$ kg de peso vivo e idade de $19,6 \pm 2,47$ meses) em pastagem diversificada; C3 – animais leves em pastagem pura composta de azevém anual e; C4 – animais pesados em pastagem pura de azevém anual. Os piquetes dos tratamentos com animais leves e pesados possuíam $1,2 (\pm 0,42)$ e $1,4 (\pm 0,59)$ ha, respectivamente. Em cada parcela, foram isoladas áreas controle com cerca elétrica (tamanho de 5 x 10 m) que não receberam o pastejo. Durante o período experimental, os animais também receberam água à vontade e sal energético mineralizado na proporção de 100 gramas para cada 100 kg de peso vivo por dia.

A pastagem diversificada de inverno foi semeada em 15/05/2008 (60 dias após a colheita da cultura de milho), empregando-se espaçamento entrelinhas de 17 cm. Simultaneamente, procederam-se as sementeiras de 50, 80, 1,7 e 2,0 kg ha⁻¹ de azevém anual, aveia preta, trevo branco e trevo vermelho, respectivamente. Com relação à pastagem pura (azevém anual), esta foi semeada em 12/05/2008, empregando-se 80 kg ha⁻¹ de sementes de azevém anual (comum) e os mesmos espaçamentos entrelinhas. No ano de 2009, a pastagem diversificada foi semeada no dia 6 de maio, empregando-se 60, 60, 4 e 8 kg ha⁻¹ de sementes de azevém anual (comum), aveia preta, trevo branco e trevo vermelho, respectivamente. Salienta-se que as sementes de trevos foram inoculadas com *Rhizobium leguminosarum* bv. Trifolii e peletizadas. A pastagem pura de azevém foi semeada em 5 de maio, utilizando-se 60 kg ha⁻¹ de sementes. As adubações, para os dois tipos de pastagens, foram realizadas nas

doses (i) 12 e 76 kg ha⁻¹ de N e P₂O₅, respectivamente, no sulco de semeadura; (ii) 54 e 54 kg ha⁻¹ de N e K₂O, respectivamente, aos 16 dias após a emergência (DAE).

Foi adotado o método de pastejo de lotação contínua, utilizando-se a técnica “put and take” (MOTT; LUCAS, 1952), mantendo-se fixa a quantidade de quatro animais experimentais das raças Holandês Preto e Branco (HPB) e mestiços HPB com Jersey, por parcela, e número variável de animais reguladores. O ajuste da carga animal foi realizado semanalmente, com a entrada ou a retirada de animais reguladores, após medição da altura da pastagem, objetivando-se a manutenção de altura média do pasto de 20 cm (CARVALHO, 2005). As medidas de altura foram realizadas semanalmente, de forma aleatória (100 amostragens por parcela), utilizando-se o “sward stick” (BARTHURAM, 1985).

No ano de 2008, os animais saíram da área experimental no dia 22 de outubro, totalizando 89 dias de pastejo. Na sequência, procedeu-se a dessecação da pastagem com o herbicida glifosate, na dose de 1.440 g ha⁻¹ de ingrediente ativo (i.a.). Aos 33 dias após a dessecação, foi realizada a semeadura da soja (cv. CD 205), empregando-se espaçamento entrelinhas de 40 cm e fertilização no sulco de semeadura de 300 kg ha⁻¹ do formulado 00-20-20 (N-P₂O₅-K₂O). As sementes de soja foram inoculadas com estirpes selecionadas de *Bradyrhizobium*.

No ano de 2009, os animais foram retirados da área experimental no dia 05 de outubro, totalizando 88 dias de pastejo. Foi procedida, então, a dessecação da pastagem com o herbicida glifosate, na dose 1.200 g ha⁻¹ de i.a. Aos 25 dias após a retirada dos animais, procedeu-se a semeadura do milho (híbrido simples modificado ATL 200), empregando-se espaçamento entrelinhas de 80 cm. A fertilização de base foi realizada ao lado do sulco de semeadura, empregando-se 320 kg ha⁻¹ do formulado 10-20-20 (N-P₂O₅-K₂O). O estande final do milho foi de 66.536 plantas ha⁻¹. A fertilização de cobertura foi realizada em área total aos

18 DAE (quando a cultura se encontrava no estágio V4), na dose de 400 kg ha⁻¹ do formulado 22-00-21 (N-P₂O₅-K₂O). Demais tratamentos culturais foram empregados nas culturas tanto de milho quanto de soja, de modo a permitir o adequado crescimento e desenvolvimento.

Avaliações realizadas e análises estatísticas

Na cultura da soja (2008/09), foi avaliado o rendimento de grãos, mediante colheita manual de quatro linhas centrais de 4,0 m (área de 7,2 m²) por parcela, trilhagem, pesagem e correção da umidade para 130 g kg⁻¹ e ainda, o peso de mil sementes (PMS). Na cultura do milho (2009/10) foram avaliados os seguintes atributos: (i) população de plantas; (ii) rendimento de grãos, mediante colheita manual de quatro linhas centrais de 4,0 m (área de 12,8 m²) por parcela, trilhagem, pesagem e correção da umidade para 130 g kg⁻¹; (iii) PMS; (iv) percentagem de grãos ardidos.

Os resultados foram submetidos à análise estatística univariada de acordo com o modelo de experimento em blocos completos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2. Quando F foi significativo (P < 0,05), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Quando não houve interação significativa entre as combinações de pastagens e categorias de animais (Fator A), submetidas ou não ao pastejo animal (Fator B), os efeitos dos tratamentos foram comparados pela média das observações. Todas as análises estatísticas foram realizadas mediante o emprego do programa estatístico SAS Versão 9.1 (SAS, 2004).

Resultados e discussão

Por ocasião da instalação do experimento, as unidades experimentais possuíam alta fertilidade (Tabela 2), devido ao histórico de manejo da área e as constantes adições de fertilizantes orgânicos (esterco de suínos), minerais e corretivos. Isso, associado à

implantação e consolidação do SPD, resultou, ao longo dos anos, em altas concentrações disponíveis de cálcio, magnésio, potássio e fósforo, melhoria da acidez do solo e elevadas concentrações de carbono orgânico total e nitrogênio total (Tabela 2). Esses atributos conferiram alta capacidade produtiva da área, tanto para culturas de grãos quanto para as plantas forrageiras.

Durante o período de inverno dos anos 2008 e 2009, as pastagens (diversificadas ou puras) foram utilizadas em pastejo contínuo, empregando-se adequada estratégia de manejo. Essas pastagens proporcionaram GMD adequados [valores superiores a faixa de 800-900 g dia⁻¹ (NRC, 2001)] para os animais (leves e pesados) testados, com carga animal média de 1.029 kg PV ha⁻¹ (Tabela 3). A pastagem neste período apresentou, em média, taxa de crescimento de 58 kg MS ha⁻¹dia⁻¹, com massa de forragem média de 2.673 kg ha⁻¹ e produção acumulada de forragem de 6.549 kg MS ha⁻¹ (Tabela 3). Considerando que, para a manutenção do SPD no Sul do Brasil há necessidade de aporte anual de aproximadamente 8.000 kg ha⁻¹ de MS (MIELNICZUK et al., 2003), a quantidade de fitomassa residual do inverno, no presente estudo (Tabela 3) pode ser considerada adequada para o sistema de produção adotado, que inclui os cultivos alternados, no verão, de soja e milho.

Não foram observadas interações entre as combinações de pastagens e categorias de animais, na presença ou na ausência de pastejo durante o inverno, para todos os atributos de plantas estudados (Tabela 4). Os tratamentos empregados não ocasionaram alterações no rendimento de grãos e PMS de soja (Figura 1). Quando bem conduzido o pastejo animal durante o inverno, de modo similar ao realizado neste estudo, permite a obtenção de rendimentos superiores a 2.800 kg ha⁻¹ de grãos de soja no verão (Nicoloso et al., 2006; Flores et al., 2007). O fato de os tratamentos não terem tido efeito no PMS está coerente com a não alteração no rendimento de grãos. Ainda, os valores de PMS observados neste estudo são inferiores aos verificados por Lunardi et al. (2008). Todavia, esses últimos autores obtiveram

rendimentos médios de grãos menores que aos observados no presente estudo e, ainda, trabalharam com outro cultivar de soja.

As combinações de pastagens e categorias de animais alteraram o PMS, mas não influenciaram os atributos população de plantas, percentual de grãos ardidos e rendimento de grãos de milho (Figura 2). Maior e menor PMS foram observados nos tratamentos C3 e C1, respectivamente; ainda, não foram observadas diferenças entre o PMS dos tratamentos C1 e C2, C2 e C4, e C3 e C4 (Figura 2). Esses efeitos, apesar de terem sido significativos, não foram suficientes para proporcionar alteração no rendimento de grãos (Figura 2).

No milho, o pastejo animal durante o inverno resultou em: (i) maior população de plantas e rendimento de grãos; (ii) ligeira queda no PMS e não alteração no percentual de grãos ardidos (Figura 2). O maior rendimento de grãos foi, em parte, devido à maior população de plantas que, conseqüentemente, pode ter resultado em produção de maior número de espigas e grãos por área, porém, ligeiramente mais leves. Todavia, essa diminuição no PMS não foi o suficiente para influenciar o rendimento da cultura. Scheeren et al. (2004) verificaram que o rendimento de grãos de milho está diretamente relacionado com a população de plantas. Outro fator que pode ter contribuído para o maior rendimento de milho cultivado após o pastejo animal é a melhoria na ciclagem de nutrientes, particularmente do nitrogênio. Assmann et al. (2003) observaram que a cultura do milho, em sistema integrado de produção, aumentou o rendimento de grãos nas áreas pastejadas durante o inverno. No sistema de ILP (como adotado no presente estudo), o animal tem a capacidade de modificar a dinâmica da ciclagem de nutrientes, fato que ocorre de forma menos expressiva nos sistemas onde as forrageiras são cultivadas apenas com o propósito de cobertura do solo (CARVALHO et al., 2010).

O aumento da população de plantas de milho, devido ao pastejo animal durante o inverno (Figura 2), pode ser atribuído ao adequado manejo da pastagem e dos animais na área

experimental, proporcionando maior renovação do sistema radicular e à distribuição mais uniforme da fitomassa residual (Carvalho et al., 2011). Provavelmente, à medida que os animais se alimentaram das folhas das pastagens, houve morte de parte do sistema radicular, melhorando os atributos físicos do solo e favorecendo a germinação, emergência e desenvolvimento do milho. Khurshid et al. (2006) observaram efeitos positivos da melhoria dos atributos físicos do solo devido ao manejo da cobertura vegetal sobre o crescimento e o rendimento de milho. Na ILP sob SPD, o pastejo moderado de pastagens anuais de inverno melhoram a agregação (SOUZA et al., 2010a) e os atributos biológicos do solo (SOUZA et al., 2010b), beneficiando as culturas subsequentes (SILVA et al., 2000).

De modo geral, os valores de PMS observados no presente estudo são similares aos verificados por Scheeren et al. (2004). Os percentuais de grãos ardidos observados no experimento estão de acordo com aqueles relatados em Casa et al. (2007). Com relação à população e rendimento de milho, estes estão de acordo com as características do híbrido e ainda, são superiores às médias nacionais.

Conclusões

As combinações de pastagens (pura e diversificada) e categorias animais (leve e pesado), na presença e ausência de pastejo, não alteraram o rendimento e o peso de mil sementes de soja.

Na cultura do milho, as combinações de pastagens e categorias animais não afetaram os atributos população de plantas, rendimento e percentual de grãos ardidos. O pastejo animal, durante o inverno, apesar de ter proporcionado ligeira diminuição no peso de mil sementes de milho, ocasionou aumento tanto da população de plantas quanto do rendimento de grãos.

Agradecimentos

À Cooperativa Agropecuária Castrolanda pela cessão da área e dos animais durante o período experimental, e também pelo apoio financeiro para a realização das avaliações experimentais e custeio de análises laboratoriais necessárias. Ao CNPq pelo apoio financeiro que possibilitou o pagamento de bolsa de estudos para aluno de graduação que auxiliou nas coletas de dados.

Referências

ASSMANN, A. L. et al. 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**, v. 33, n. 1, p. 37-44, 2004.

ASSMANN, T. S. et al. 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**, v. 27, n. 4, p. 675-683, 2003.

BALBINOT JUNIOR, A. A. et al. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1925-1933, 2009.

BARTHAM, G. T. Experimental techniques: the HFRO sward stick. In: BIENNIAL REPORT OF THE HILL FARMING, 1984-1985, Penicuik. **Proceedings**. Penicuik: Hill Farming Research Organization, 1985. p. 29-30.

CARVALHO, P. C. F. O Manejo da pastagem como gerador de ambientes pastoris adequados à produção animal. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 22., 2005, Piracicaba. **Teoria e prática da produção animal em pastagens: anais**. Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 7-32.

CARVALHO, P.C.F. et al. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.88, p.259-273, 2010.

CARVALHO, P.C.F. et al. **Integração soja-bovinos de corte no Sul do Brasil**. Porto Alegre: Gráfica RJR Ltda, 2011. 60p. (Boletim Técnico).

CASA et al. Incidência de podridões do colmo, grãos ardidos e rendimento de grãos em híbridos de milho submetidos ao aumento na densidade de plantas. **Summa Phytopathologica**, v.33, n.4, p.353-357, 2007.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA). **PIB do agronegócio**, 2008. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/other/Cepea_PIB_BR%201994%202008.xls>. Acesso em: 01 dez. 2010.

CERRI, C. C. et al. Review: Greenhouse gas mitigation options in Brazil for land-use change, livestock and agriculture. **Scientia Agrícola**, v. 67, n. 1, p. 102-116, 2010.

EMBRAPA/FUNDAÇÃO ABC. Levantamento semidetalhado de solos – Município de Castro. Relatório Interno. EMBRAPA/SOLOS, EMBRAPA/FLORESTAS, FUNDAÇÃO ABC, Castro-PR, 2001. 86p.

FLORES, J. P. C. et al. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema de plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 4, p. 771-780, 2007.

FONTANELI, R. S. I. Rendimento e nodulação de soja em diferentes rotações de espécies anuais de inverno sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n. 2, p.349-355, 2000.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; MORI, C. Lucratividade e risco de produção de grãos com pastagens, sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 36, n. 1, p. 51-57, 2006.

INTITUTO AGRONOMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do Estado do Paraná 1994**. Londrina: IAPAR, 1994. 49p. (IAPAR, Documento, 18).

LANDERS, J. N. Tropical crop-livestock systems in conservation agriculture. The Brazilian experience. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 2007. 95p.

KHURSHID, K. et al. Effect of tillage and mulch on soil physical properties and growth of maize. **International Journal of Agriculture & Biology**, v.8, n.5, p.593-596, 2006.

LUNARDI, R. et al. Rendimento de soja em sistema de integração lavoura-pecuária: efeito de métodos e intensidades de pastejo. **Ciência Rural**, v. 38, n. 3, p. 795-801, 2008.

MACARI, S. et al. Avaliação da mistura de cultivares de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) com azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) sob pastejo. **Ciência Rural**, v.36, n.3, p.910-915, 2006.

MIELNICZUK, J. et al. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: Curi, N.; Marques, J.J.; Guilherme, L.R.G.; Lima, J.M.; Lopes, A.S.; Alvarez V.; V.H. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3. p.209-248.

MORAES, A.; MOOJEN, E. L.; MARASCHIN, G. E. Comparação de métodos de taxas de crescimento em uma pastagem submetida a diferentes pressões de pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27., **Anais...** SBZ, Campinas, SP, 1990, p.332.

MOOT, G. O.; LUCAS, H. L. The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 6., 1952, Pennsylvania. **Proceedings...** Pennsylvania: State College Press, 1952. p. 1380-1385.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th ed. rev. Washington: National Academy Press, 2001.

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, 2006.

SAS SYSTEM. 2004. SAS Institute Inc. SAS Online Doc® 9.1.2. SAS Institute, Cary, NC.

SCHEEREN, B.R. et al. Arranjo populacional para a cultura do milho na região central do Estado do Mato Grosso do Sul. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v.26, n.2, p.55-60, 2004.

SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO PARANÁ (SEAB-DERAL). Comparativo de área, produção e produtividade no Paraná nas safras 08/09 e 09/10. Disponível em: <http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/pss.xls#Paraná!A1>. Acesso em 30 de novembro de 2010.

SILVA, V.R.; REINERT, D.; REICHERT, J.M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.191-199, 2000.

SILVA, H. A. et al. Análise da viabilidade econômica da produção de leite a pasto e com suplementos na região dos Campos Gerais, Paraná. **Ciência Rural**, v.38, n. 2, p. 445-450, 2008.

SOUZA, E.D. et al. Soil aggregation in a crop-livestock integration system under no-tillage. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1365-1374, 2010a.

SOUZA, E.D. et al. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.79-88, 2010b.

VALOR BRUTO DA PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA PARANAENSE – 2008. Curitiba: Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná – SEAB-DERAL, 2008, 37p.

Tabela 1 – Médias mensais de precipitação pluviométrica (Pp), temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin) e temperatura média (Tmed) no decorrer do experimento (setembro/2008 até abril/2010), no município de Castro (PR).

Atributo/Mês	2008/2009								Média
	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	
Pp, mm	48,5	177,0	164,9	76,6	248,5	215,0	77,8	21,1	128,7
Tmax, °C	20,3	22,1	23,6	26,1	24,3	26,6	27,0	24,8	24,4
Tmin, °C	9,7	14,1	14,3	13,9	15,9	17,0	15,9	12,9	14,2
Tmed, °C	14,4	17,5	18,0	19,2	19,3	20,8	20,6	17,9	18,5
	2009/2010								
Pp, mm	222,7	181,2	115,7	124,3	191,4	110,5	122,2	108,8	147,1
Tmax, °C	21,8	23,4	28,0	26,7	26,4	27,4	26,2	23,5	25,4
Tmin, °C	12,8	13,7	17,8	16,9	17,7	18,1	16,5	13,2	15,8
Tmed, °C	16,9	18,1	22,8	21,5	22,1	22,7	21,3	18,4	20,5

Fonte: Estação meteorológica da Fundação ABC, localizada a aproximadamente 5,0 km do experimento.

Tabela 2 – Atributos químicos do solo por ocasião da instalação do experimento.

Bloco		pH (CaCl ₂)	H+Al	Al	Ca	Mg	K	P ⁽¹⁾	COT ⁽²⁾	NT ⁽³⁾	V ⁽⁴⁾
	cm		----- mmol _c dm ⁻³ -----					mg dm ⁻³	--- g dm ⁻³ ---		%
1	0-10	5,1	75	0	58	16	6	52,3	36,8	2,3	51
	10-20	4,8	86	1	51	15	7	131,9	38,7	1,8	46
2	0-10	5,0	78	0	53	20	6	72,9	38,7	2,6	50
	10-20	4,8	95	2	43	16	6	101,3	35,4	1,9	41
3	0-10	5,2	76	0	62	16	7	76,7	36,8	2,4	53
	10-20	4,8	97	2	53	15	8	172,2	32,1	2,2	41

⁽¹⁾ P disponível por solução Mehlich-1.

⁽²⁾ COT: carbono orgânico total.

⁽³⁾ NT: nitrogênio total.

⁽⁴⁾ V: saturação por bases.

Tabela 3 – Características dos tratamentos empregados na fase pastagem anual de inverno, dados médios e desvio padrão para os anos de 2008 e 2009.

Atributo	C1	C2	C3	C4
Carga animal (kg ha ⁻¹)	1.003 ± 108	1.145 ± 315	849 ± 71	1.122 ± 312
Taxa de crescimento (kg MS ha ⁻¹ dia ⁻¹)	55 ± 22	60 ± 17	57 ± 22	61 ± 21
Massa de forragem (kg MS ha ⁻¹)	2.354 ± 821	2.860 ± 1.288	2.832 ± 920	2.647 ± 1.147
Rendimento acumulado de forragem (kg MS ha ⁻¹)	6.468 ± 1.110	7.240 ± 1.362	6.055 ± 1.003	6.426 ± 1.025
Resíduo final (kg MS ha ⁻¹)	2.304 ± 1.213	2.705 ± 1.746	3.143 ± 1.161	2.732 ± 1.491
Altura (cm)	26 ± 7	34 ± 15	32 ± 7	28 ± 10

C1: pastagens diversificadas (aveia preta, azevém anual, trevo branco e trevo vermelho) submetidas ao pastejo por animais leves (192 ± 40,9 kg); C2: pastagens diversificadas submetidas ao pastejo por animais pesados (278 ± 41,2 kg); C3: pastagens puras (avezém anual) submetidas ao pastejo por animais leves; C4: pastagens puras submetidas ao pastejo por animais pesados.

Tabela 4 – Valores de F dos atributos avaliados nas culturas de soja (2008/09) e milho (2009/10), em um experimento em blocos completos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2.

Variação	Soja	
	Rendimento de grãos	Peso de 1.000 sementes
Fator A	0,75 ^{NS}	1,67 ^{NS}
Fator B	2,58 ^{NS}	0,28 ^{NS}
Fator A vs. fator B	0,47 ^{NS}	0,33 ^{NS}

	Milho			
	Rendimento de grãos	População de plantas	Peso de 1.000 sementes	Percentual de grãos ardidos
Fator A	1,04 ^{NS}	2,62 ^{NS}	9,40**	0,63 ^{NS}
Fator B	11,42 **	10,51**	18,36**	0,42 ^{NS}
Fator A vs. fator B	0,86 ^{NS}	0,59 ^{NS}	2,90 ^{NS}	0,23 ^{NS}

Fator A: combinação pastagens e categoria de animais (*C1* – animais leves em pastagem diversificada composta de azevém anual, aveia preta, trevo branco e trevo vermelho; *C2* – animais pesados em pastagem diversificada; *C3* – animais leves em pastagem pura composta de azevém anual; *C4* – animais pesados em pastagem pura de azevém anual).

Fator B: presença ou ausência de pastejo animal, durante o inverno.

*: $P < 0,05$.

** : $P < 0,01$.

NS: não significativo.

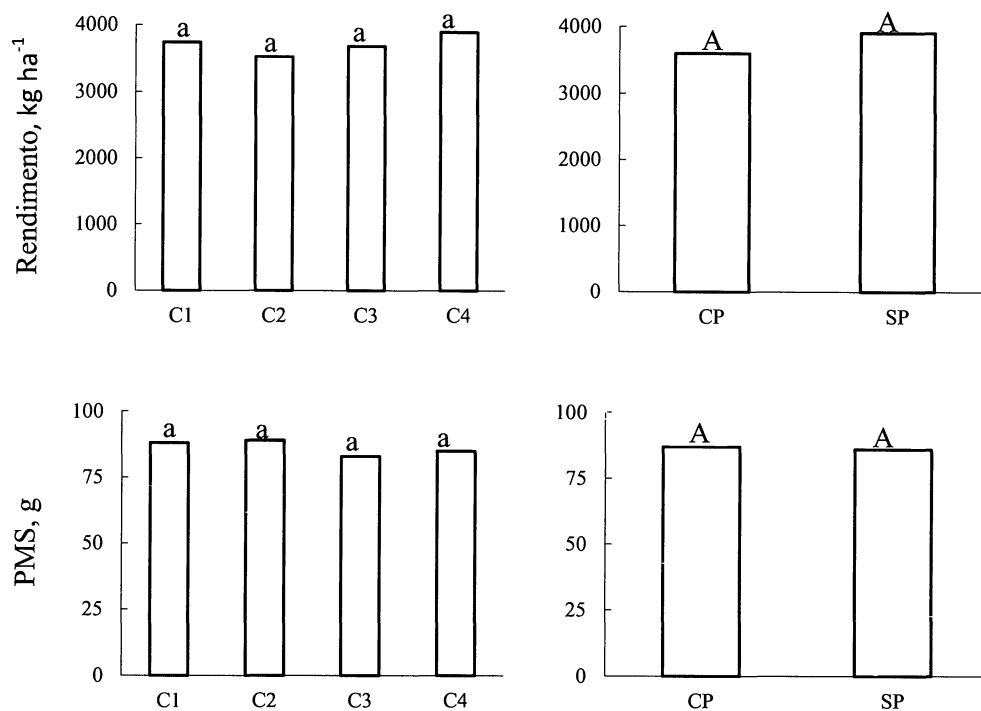


Figura 1. Efeitos de combinação de pastagens e categorias de animais na presença ou ausência de pastejo, durante o inverno, sobre o rendimento de grãos e peso de mil sementes (PMS) de soja. C1: animais leves em pastagem diversificada composta de azevém anual, aveia preta, trevo branco e trevo vermelho. C2: animais pesados em pastagem diversificada. C3: animais leves em pastagem pura composta de azevém anual. C4: animais pesados em pastagem pura de azevém anual. CP: com pastejo animal. SP: sem pastejo animal. Letras iguais minúsculas para as combinações e maiúsculas para pastejo não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

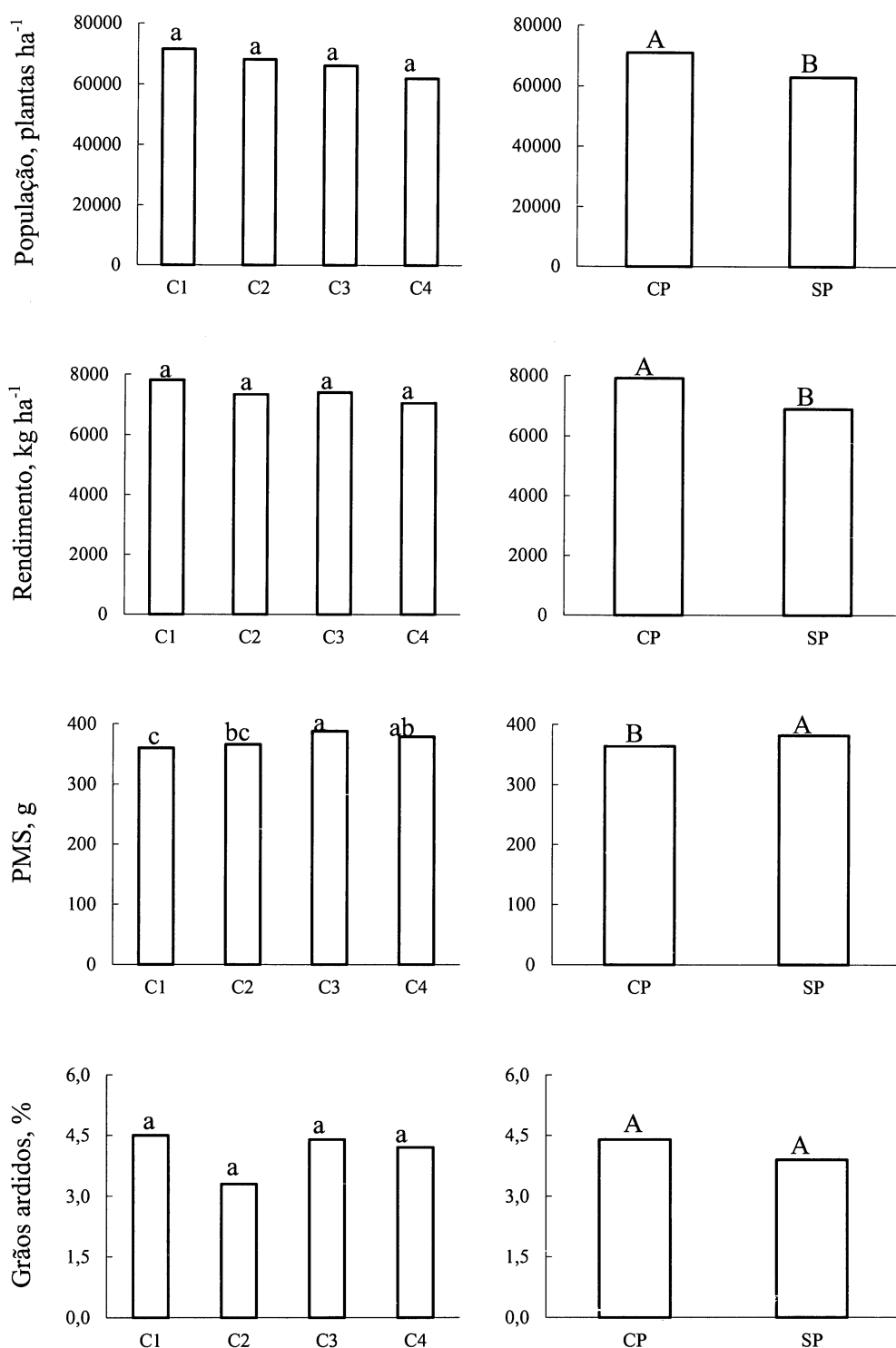


Figura 2. Efeitos de combinação de pastagens e categorias de animais na presença ou ausência de pastejo, durante o inverno, sobre a população de plantas, rendimento de grãos, peso de mil sementes (PMS) e percentual de grãos ardidos de milho. C1: animais leves em pastagem diversificada composta de azevém anual, aveia preta, trevo branco e trevo vermelho. C2: animais pesados em pastagem diversificada. C3: animais leves em pastagem pura composta de azevém anual. C4: animais pesados em pastagem pura de azevém anual. CP: com pastejo animal. SP: sem pastejo animal.

6. Atributos químicos e físicos do solo na integração lavoura-pecuária sob plantio direto

Chemical and physical soil attributes in crop-livestock integration under no-till

Hernani Alves da Silva^{1*}, Anibal de Moraes², Paulo César de Faccio Carvalho³, Adriel Ferreira da Fonseca⁴, Eduardo Fávero Caires⁴ e Carlos Tadeu dos Santos Dias⁵

* Autor para correspondência

¹ Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Rua dos Funcionários, 1540, CEP 80035-050, Curitiba, PR, Brasil, hernanialves@emater.pr.gov.br

² Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, UFPR, Curitiba, PR, Brasil, anibalm@ufpr.br

³ Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, paulocfc@ufrgs.br

⁴ Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Agrícola, Setor de Ciências Agrárias e de Tecnologia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, Brasil, adriel@uepg.br, efcaires@uepg.br

⁵ Departamento de Ciências Exatas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil, ctsdias@esalq.usp.br

Resumo

Apesar de a integração lavoura-pecuária (ILP) sob sistema plantio direto (SPD) ser uma prática atrativa aos produtores rurais, faltam informações regionalizadas concernentes aos efeitos do pastoreio animal, particularmente de novilhas leiteiras, sobre os principais atributos químicos e físicos do solo. Objetivou-se, no presente trabalho, avaliar os efeitos do pastejo animal nos principais atributos químicos e físicos do solo, após 21 meses de ILP sob SPD, em uma sucessão pastagens anuais de inverno (2008) / soja (2008/09) / pastagens anuais de inverno (2009) / milho (2009/10). O experimento foi realizado no município de Castro (PR), em um Latossolo Bruno distrófico textura argilosa, empregando-se delineamento experimental de blocos completos ao acaso com doze repetições. Os tratamentos incluíram quatro combinações envolvendo pastagens (pura de azevém e diversificada) e categorias de animais (leves e pesados), submetidas ao pastejo animal durante o inverno. Após a colheita do milho (2010), amostras de solo foram retiradas visando determinar os atributos químicos e físicos do solo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm. As combinações de pastagens e categorias animais não alteraram as concentrações de carbono orgânico total e nitrogênio total, mas influenciaram os atributos acidez do solo e cátions trocáveis. A utilização de pastagens puras favoreceu a acidificação do solo, enquanto que o emprego de pastagens diversificadas contribuiu para que o processo de acidificação do solo se tornasse mais lento. Com o emprego de animais pesados, a utilização de pastagens diversificadas foi mais vantajosa por ter proporcionado menor densidade do solo, decorrente de maior quantidade de macroporos.

Palavras-chave – solo tropical, sistema integrado de produção, agricultura conservacionista, acidez do solo e disponibilidade de nutrientes.

Abstract

Although crop-livestock integration (CLI) under no-till system (NTS) is an attractive practice for rural producers, little regional information is available on the effects of grazing animals, particularly dairy heifers, on the chemical and physical attributes of the soil. The objective of this study was to evaluate the effects of animal grazing on the chemical and physical attributes of the soil after 21 months of CLI under NTS in a succession of annual winter pastures (2008), soybeans (2008/2009), annual winter pastures (2009), and corn (2009/10). The experiment was performed using a completely randomized block experimental design with 12 replicates in the municipality of Castro (PR) in a dystrophic Humic Rhodic Hapludox with a clay texture. The treatments included four combinations of pasture (ryegrass monoculture and diversified) and two animal weight categories (light and heavy), with animal grazing occurring during the winter. After the corn harvest (2010), soil samples were obtained at the depths of 0-10 and 10-20 cm to determine the chemical and physical attributes of the soil. The different combinations of pasture and animal weight did not alter the concentrations of total organic carbon or total nitrogen in the soil, but they did influence the attributes of soil acidity and exchangeable cations. The ryegrass monoculture pasture increased the acidification of the soil, whereas the diversified pasture decreased the speed of the soil acidification process. With the use of heavy animals, the diversified pasture was more advantageous, as it showed less increase in the soil bulk density because of the greater macroporosity.

Keywords: tropical soil, integrated production system, conservationist agricultural, soil acidity, and nutrient availability.

Introdução

Os sistemas agrícolas tradicionais, com base em monoculturas e rotações de culturas de curta duração e contínuas, têm proporcionado incrementos nos rendimentos agrícolas nacionais, particularmente, nas últimas décadas. Todavia, esse modelo de exploração agrícola tem resultado em problemas ambientais, tais como: (i) redução da biodiversidade; (ii) maior incidência de pragas, doenças e plantas daninhas nos agrossistemas; (iii) perda de carbono orgânico, diminuindo a qualidade do solo; (iii) contaminação de águas superficiais e subterrâneas com nutrientes, defensivos agrícolas e problemas com erosão (Russelle e Franzluebbbers, 2007; Landers, 2007).

Uma das alternativas para tornar o agronegócio mais sustentável é a adoção da integração lavoura-pecuária (ILP) no sistema plantio direto (SPD) (Landers, 2007). Essa técnica possibilita: (i) vantagens biológicas e econômicas (Balbinot Jr. et al., 2009); (ii) intensificação e maximização do uso das terras em exploração (Landers, 2007); (iii) aumento da rentabilidade e diminuição dos riscos (Fontaneli et al., 2006); (iv) maior sequestro de carbono e diminuição da emissão de gases de efeito estufa (Cerri et al., 2010); (v) melhoria da ciclagem de nutrientes (Assmann et al., 2003) e da qualidade do solo (Anghinoni et al., 2011). Tanto as vantagens quanto as limitações [por exemplo, falta de conhecimento técnico-científico, quebra de paradigmas, complexidade do sistema de produção e readequação do planejamento da propriedade (Moraes et al., 2008)] da ILP sob SPD possuem caráter regional e necessitam ser mais investigadas nas diferentes condições edafoclimáticas brasileiras (Balbinot Jr. et al., 2009), particularmente, na região dos Campos Gerais do Paraná.

Neste estudo, de curto prazo, espera-se que o pastejo de novilhas leiteiras em larga escala durante o inverno, na ILP sob SPD, não afete negativamente a qualidade química e física do solo, bem como a disponibilidade de nutrientes. O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos do pastejo de animais leves e pesados em pastagem pura de azevém e

diversificada, nos principais atributos químicos e físicos do solo, após 21 meses de ILP sob SPD.

Material e métodos

O experimento foi realizado na Unidade de Produção de Novilhas da Cooperativa Agropecuária Castrolanda (latitude: 24°47'28"S; longitude: 50°00'25"W; altitude média: 1005 m), no município de Castro (PR). A área experimental está localizada na região fisiográfica denominada Primeiro Planalto Paranaense cujo clima, segundo a classificação de Köppen, é subtropical úmido do tipo Cfb, apresentando verões frescos e invernos com ocorrência de geadas severas e frequentes, sem estação seca definida (IAPAR, 1994). Durante o período de condução do experimento (maio/2008 a abril/2010), a precipitação pluvial média mensal e a temperatura média do ar da área experimental foram de 133,4 mm e 17,6 °C, respectivamente.

A área experimental utilizada no estudo vinha sendo manejada há mais de cinco anos sob SPD, cultivando-se milho (*Zea Mays* L.) ou soja (*Glycine max* L.) para produção de grãos, durante o período de primavera-verão, e azevém anual (*Lolium multiflorum* L.) e/ou aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) para pastoreio animal (novilhas leiteiras), durante o período de outono-inverno. Nos cultivos de milho empregaram-se 300 kg ha⁻¹ da fórmula 10-20-20 (N-P₂O₅-K₂O) na semeadura e 400 kg ha⁻¹ da fórmula 22-00-21 (N-P₂O₅-K₂O) como fertilização de cobertura. Nos cultivos de soja, foram utilizados 300 kg ha⁻¹ da fórmula 00-20-20 (N-P₂O₅-K₂O) na semeadura e 150 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (600 g kg⁻¹ de K₂O) como fertilização de cobertura. Também foram aplicados 50 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco líquido de suíno até o ano de 2008, e, em julho/2009, procedeu-se a aplicação superficial, sem incorporação, de calcário dolomítico [poder reativo de neutralização total (PRNT), óxido de cálcio (CaO) e óxido de magnésio (MgO) de 898, 286 e 195g kg⁻¹, respectivamente] na dose de 3,0 Mg ha⁻¹.

O solo predominante na área experimental, segundo Embrapa/Fundação ABC (2001), é do tipo Latossolo Bruno distrófico textura argilosa, fase relevo suave ondulado (2 a 4 %). Por ocasião da instalação do experimento, o solo apresentava os seguintes atributos na camada de 0-20 cm: pH (CaCl₂) de 4,9; concentrações de acidez total (H+Al), acidez trocável (Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio trocáveis (K) de 86, 1, 52, 17 e 7 mmol_c dm⁻³, respectivamente; concentração de fósforo (P) disponível (Mehlich-1) de 111 mg dm⁻³; concentrações de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) de 36 e 2,2 g dm⁻³, respectivamente; saturação por bases (V) de 47%; concentrações de areia, argila e silte de 384, 439 e 177 g kg⁻¹, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos ao acaso, com quatro tratamentos e doze repetições. Durante o período de outono-inverno, foram estudados quatro tratamentos: *PDAL* – animais leves (192 ± 40,9 kg de peso vivo e idade de 9,4 ± 2,31 meses) em pastagem diversificada composta de azevém anual (*Lolium multiflorum* L., comum), aveia preta (*Avena strigosa* Schreb), trevo branco (*Trifolium repens* L.) e trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.); *PDAP* – animais pesados (278 ± 41,2 kg de peso vivo e idade de 19,6 ± 2,47 meses) em pastagem diversificada; *PPAL* – animais leves em pastagem pura composta de azevém anual e; *PPAP* – animais pesados em pastagem pura de azevém anual. Os piquetes dos tratamentos com animais leves e pesados possuíam 1,2 (± 0,42) e 1,4 (± 0,59) ha, respectivamente. Mais detalhes sobre o manejo e ganho de peso animal foram relatados em Silva et al. (2011).

A pastagem diversificada de inverno foi semeada em 15/05/2008, empregando-se espaçamento de 0,17 m entre as linhas. Simultaneamente, procedeu-se a semeadura com 50, 80, 1,7 e 2,0 kg ha⁻¹ de azevém anual (comum), aveia preta, trevo branco e trevo vermelho, respectivamente. A pastagem pura (azevém anual) foi semeada em 12/05/2008, empregando-se 0,17 m entre as linhas e 80 kg ha⁻¹ de sementes. Em 2009, a pastagem diversificada foi

semeada no dia 6 de maio, empregando-se 60, 60, 4 e 8 kg ha⁻¹ de sementes de azevém anual (comum), aveia preta, trevo branco e trevo vermelho, respectivamente. A pastagem pura de azevém foi semeada em 5 de maio, utilizando-se 60 kg ha⁻¹ de sementes. As adubações, para os dois tipos de pastagem, nos dois anos, foram realizadas nas doses de (i) 12 e 76 kg ha⁻¹ de N e P₂O₅, respectivamente, na semeadura; e (ii) 54 e 54 kg ha⁻¹ de N e K₂O, respectivamente, aos 16 dias após a emergência (DAE).

A carga animal média durante o período de outono-inverno nos anos de 2008 e 2009 foi de 910 e 1.151 kg ha⁻¹ dia⁻¹, respectivamente, e foram utilizadas novilhas leiteiras da raça Holandês Preto e Branco (HPB) e mestiços HPB com Jersey. Adotou-se o método de pastejo de lotação contínua, utilizando-se a técnica “put and take” (Moot e Lucas, 1952), mantendo-se fixa a quantidade de quatro animais experimentais por parcela e número variável de animais reguladores. O ajuste da carga animal foi realizado semanalmente, com a entrada ou a retirada de animais reguladores, após medição da altura da pastagem, mantendo-se altura média de 20 cm (Carvalho, 2005). As medidas de altura foram realizadas semanalmente, de forma aleatória (100 amostragens por parcela), utilizando-se o “sward stick” (Barthram, 1985).

No ano de 2008, os animais saíram da área experimental no dia 22 de outubro e, na sequência, procedeu-se a dessecação da pastagem com o herbicida glifosate, na dose de 1440 g ha⁻¹ de ingrediente ativo (i.a.). Aos 33 dias após a dessecação, foi realizada a semeadura da soja (cv. CD 205), empregando-se espaçamento de 40 cm entre as linhas e fertilização a base de 300 kg ha⁻¹ da fórmula 00-20-20 (N-P₂O₅-K₂O) no sulco de semeadura (5,0 cm abaixo e ao lado das sementes). No ano de 2009, os animais foram retirados da área experimental no dia 05 de outubro, 23 dias antes da dessecação da pastagem com o herbicida glifosate, na dose 1.200 g ha⁻¹ de i.a. Aos 25 dias após a retirada dos animais, procedeu-se a semeadura do milho (híbrido simples modificado ATL 200), empregando-se espaçamento de 80 cm entre as linhas, visando estande final de aproximadamente 67500 plantas ha⁻¹, e fertilização a base de

320 kg ha⁻¹ da fórmula 10-20-20 (N-P₂O₅-K₂O) no sulco de semeadura (5 cm abaixo e ao lado das sementes). A fertilização de cobertura foi realizada em área total aos 18 DAE, na dose de 400 kg ha⁻¹ da fórmula 22-00-21 (N-P₂O₅-K₂O). Os demais tratos culturais foram empregados de modo a permitir o adequado crescimento e desenvolvimento das culturas de milho e soja.

Em março de 2010, 21 meses após a instalação do experimento, e após a colheita do milho, procedeu-se a amostragem do solo das camadas de 0-10 e 10-20 cm. Foram coletadas 12 subamostras para formar uma amostra composta por parcela, para cada camada de solo. Após coletadas, as amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de 40°C durante 48 horas, destorroadas e peneiradas em peneira com malha de 2,0 mm, obtendo-se a terra fina seca em estufa (TFSE).

As amostras de TFSE foram destinadas às determinações analíticas de: (i) pH em solução de cloreto de cálcio (CaCl₂) 0,01 mol L⁻¹ e H+Al em solução tampão SMP, por potenciometria, (ii) alumínio (Al), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) trocáveis, por meio de extração com solução de cloreto de potássio (KCl) 1,0 mol L⁻¹ e quantificação por titulometria com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,025 mol L⁻¹ para Al e complexometria do etilenodiaminotetraacético (EDTA) 0,025 mol L⁻¹ para Ca e Mg; (iii) K trocável e P disponível, por meio de extração com solução Mehlich-1 [ácido clorídrico (HCl) 0,05 mol L⁻¹ + ácido sulfúrico (H₂SO₄) 0,025 mol L⁻¹] e leitura por espectrofotometria de emissão em chama para K e espectrofotometria de absorção molecular para P; (iv) COT pelo método Walkey-Black; (v) NT mediante digestão sulfúrica e destilação pelo método semi-micro-Kjeldahl; (vi) enxofre disponível, na forma de sulfato (S-SO₄²⁻), extraído com solução de acetato de amônio (NH₄OAc) 0,25 mol L⁻¹ em ácido acético (HOAc) 0,5 mol L⁻¹ e quantificado por turbidimetria do sulfato de bário; (vii) micronutrientes catiônicos [cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn)] disponíveis em solução de ácido dietilenotriaminopentaacético 0,005 mol L⁻¹ + trietanolamina 0,1 mol L⁻¹ + CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹

¹ (DTPA-TEA) a pH 7,3 e quantificados por espectrofotometria de absorção atômica com atomização em chama. As determinações de pH, H+Al, Ca, Mg, K, P e COT foram realizadas de acordo com os métodos descritos em Pavan et al. (1992). As concentrações de NT, S-SO₄²⁻ e micronutrientes catiônicos foram realizadas segundo Cantarella et al. (2001), Vitti e Suzuki (1978) e Lindsay e Norvell (1978), respectivamente.

Amostras de solo com estrutura indeformada (quatro repetições por unidade experimental) foram coletadas em anéis cilíndricos de aço inox com volume de 100 cm³, no centro das camadas de 0-10 e 10-20 cm, por ocasião das amostragens de terra para avaliação da fertilidade. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em filmes plásticos e mantidas sob temperatura de ± 5°C até serem processadas. Após a toailete, as amostras foram lentamente umedecidas por elevação gradual de uma lâmina de água até completa saturação. O volume total de poros foi determinado pela expressão preconizada por Danielson e Sutherland (1986). A distribuição de poros por tamanho (macro e microporosidade) foi determinada nas amostras com estrutura indeformada, utilizando-se a unidade de sucção a 60 cm de altura de coluna de água. A porcentagem de água retida nas amostras, depois de atingido o equilíbrio, correspondeu à microporosidade, sendo a macroporosidade obtida por diferença (Grohmann, 1960). As amostras indeformadas foram secas em estufa a 105°C e, após, procederam-se as determinações do conteúdo de água volumétrico (θ_{cc}) e densidade do solo (Ds) (Blake & Hartge, 1986).

Os resultados foram submetidos à análise de variância de acordo com o modelo em blocos completos ao acaso, considerando as camadas amostradas (0-10 e 10-20 cm) como subparcelas. Quando o valor F foi significativo, as médias das observações foram comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas mediante o emprego do programa estatístico SAS Versão 9.1 (SAS, 2004).

Resultados

Os valores de pH do solo foram mais elevados e as concentrações de acidez total (H + Al) foram mais baixas na camada de 0-10 cm, sobretudo nos tratamentos PDAL e PDAP (Tabela 1). Menores valores de pH do solo e maiores concentrações de acidez total (H + Al) foram encontrados na camada de 10-20 cm, sobretudo nos tratamentos PPAL e PPAP (Tabela 1). A acidez trocável (Al) foi mais elevada no tratamento PPAL em comparação com o tratamento PDAP; todavia, o teor de Al trocável no tratamento PDAP foi semelhante ao encontrado nos tratamentos PDAL e PPAP (Tabela 1). A acidez trocável, assim como a acidez ativa e a acidez total, também foi mais elevada na camada de 10-20 cm (Tabela 1).

Os teores de cálcio trocável foram maiores na camada de 0-10 cm, sobretudo no tratamento PDAP, e mais baixos na camada de 10-20 cm, especialmente no tratamento PPAL (Tabela 1). Os teores de Mg também foram mais elevados na camada de 0-10 cm, sobretudo nos tratamentos PDAL e PDAP, e mais baixos na camada de 10-20 cm, sobretudo no tratamento PPAL (Tabela 1).

De forma semelhante ao Ca e Mg trocáveis, maiores concentrações de K trocável foram observadas na camada de 0-10 cm (Tabela 1). A concentração de K trocável no tratamento PPAP não diferiu daquelas observadas nos tratamentos PDAP e PPAL, mas foi superior à obtida para o tratamento PDAL. A saturação por bases foi mais elevada na camada de 0-10 cm, sobretudo nos tratamentos PDAL e PDAP, e mais baixa na camada de 10-20 cm, especialmente no tratamento PPAL (Tabela 1). Os tratamentos empregados não alteraram a CTC; porém, valores mais elevados deste atributo foram observados na camada de 0-10 cm (Tabela 1).

O teor de P no solo foi maior na camada superficial (0-10 cm) quando comparado à camada de 10-20 cm (Tabela 2). O tratamento PPAP propiciou maior teor de P no solo do que

os tratamentos PDAP e PDAL, mas não houve diferença no teor de P entre os tratamentos PPAP e PPAL. O teor de S no solo foi semelhante nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, e foram observadas maiores e menores concentrações de S no solo nos tratamentos PPAL e PDAP, respectivamente (Tabela 2). Entretanto, a concentração de S no tratamento PDAL não foi diferente daquelas observadas nos tratamentos PDAP e PPAP, mas foi menor que a do tratamento PPAL.

As concentrações de micronutrientes catiônicos (Cu, Fe, Mn e Zn) foram mais elevadas na camada superficial do solo (0-10 cm) do que na camada de 10-20 cm (Tabela 2). A concentração de Cu no solo foi maior no tratamento PDAL em relação aos tratamentos PPAL e PPAP, mas não houve diferença significativa no teor de Cu entre os tratamentos PDAL e PDAP (Tabela 2). Maior concentração de Fe foi encontrada no tratamento PPAP em relação aos demais tratamentos, os quais não diferiram entre si (Tabela 2). A concentração de Mn foi maior no tratamento PPAP do que nos tratamentos PDAL e PDAP, mas não houve diferença no teor de Mn entre os tratamentos PPAP e PPAL (Tabela 2). A concentração de Zn foi maior no tratamento PPAL em relação ao tratamento PDAP, mas não houve diferenças no teor de Zn entre os tratamentos PPAL, PDAL e PPAP (Tabela 2).

As concentrações de COT e NT não foram alteradas pelos tratamentos. Todavia, maiores teores de COT e NT foram observados na camada de 0-10 cm (Tabela 2).

A porosidade total e a microporosidade do solo não foram alteradas pelos tratamentos (Figura 1). A D_s no tratamento PPAP foi maior do que a dos tratamentos PDAL e PDAP; porém a D_s no tratamento PPAP não diferiu da obtida no tratamento PPAL (Figura 1). O valor macroporosidade foi maior no tratamento PDAP do que no tratamento PPAP, mas a macroporosidade não diferiu entre os tratamentos PDAP, PDAL e PPAL. Os valores de D_s e de porosidade total não diferiram entre as camadas de solo estudadas (0-10 e 10-20 cm);

porém, maiores valores de microporosidade foram observados na camada de 0-10 cm e de macroporosidade na camada de 10-20 cm (Figura 1).

Discussão

Acidez do solo e cátions trocáveis

A adubação nitrogenada com fertilizantes contendo amônio ou uréia tem sido apontada como a principal responsável pelo processo de acidificação do solo nos sistemas agropecuários (Costa et al., 2008). Considerando o sistema de produção, a magnitude da acidificação gerada pela adubação nitrogenada pode variar de acordo com o grau de acidez e o tipo de solo, a fonte e a dose de nitrogênio empregadas e a periodicidade da aplicação do nutriente (Caires, 2010). No presente estudo, a acidificação do solo somente foi evidenciada com o emprego da pastagem pura de azevém, independentemente das categorias animais. Nesse caso, o mais baixo pH do solo foi acompanhado de maiores concentrações de acidez total (H + Al) e trocável (Al), menores teores de Ca e Mg trocáveis, e valor mais baixo de saturação por bases. A pastagem diversificada composta de azevém (73,6%), aveia preta (20,2%) e trevos (6,2%), tanto na presença de animais leves ou pesados, praticamente não interferiu na acidificação do solo, considerando que antes da instalação do experimento o solo tinha pH (CaCl₂) 4,9, na camada de 0-20 cm. Isso deve ter acontecido porque os resíduos vegetais têm capacidade diferenciada de neutralização H⁺ e de diminuição de Al na solução no solo. A capacidade de neutralização da acidez do solo por resíduos vegetais está associada aos seus teores de cátions e carbono orgânico solúvel, que normalmente é maior em resíduos de adubos verdes (Miyazawa et al., 1993), na sua maioria, plantas com potencial forrageiro. Com isso, as espécies que acumulam maior quantidade de cátions apresentam também maior quantidade de ligantes orgânicos e são mais eficientes na neutralização da acidez do solo. Assim, os resíduos da pastagem diversificada foram capazes de amenizar a acidificação

gerada pela adubação nitrogenada, cujo efeito foi bem evidente na presença de pastagem pura de azevém. As alterações nas concentrações de K trocável no solo foram de pequena magnitude e não resultaram em implicações práticas importantes pelo fato de os teores de K trocável serem considerados altos ou muito altos (Pauletti, 2004) para as culturas de soja e milho. Além do mais, a relação $(Ca+Mg)/K$ enquadrou-se em uma faixa (10 a 40) considerada ótima para as plantas (Malavolta, 2006).

Quando comparada as camadas 0-10 e 10-20 cm, foi observado que a primeira apresentou melhores índices de fertilidade (Tabela 1). Menor acidez (ativa, total e trocável) do solo na camada de 0-10 cm e, conseqüentemente, maiores concentrações de cátions trocáveis (Ca, Mg e K) e de saturação por bases, nesta camada, são resultados esperados para solo manejado no SPD. Nesse sistema de cultivo, a aplicação de calcário é realizada na superfície, sem incorporação, resultando na correção gradual da acidez a partir da camada superficial do solo (Caires et al., 2002). Ainda, o acúmulo de fitomassa na superfície do solo no SPD, sobretudo, proporcionado pelas plantas de cobertura (com potencial forrageiro), incrementa a ciclagem de nutrientes, particularmente de Ca, Mg e K (Borkert et al., 2003).

O fato de a CTC ter sido maior na camada 0-10 cm (Tabela 1) foi devido às maiores concentrações de COT nesta camada (Tabela 2). Sá et al. (2009) verificaram correlação positiva entre COT e CTC para solos sob SPD. Os grupos funcionais de superfície oriundos da matéria orgânica do solo (MOS) – estimada através da determinação do COT – são aqueles que mais contribuem para a CTC dos solos tropicais (Sparks, 2003). Além do mais, isso evidencia que os resultados do presente estudo estão coerentes, pois tanto a CTC quanto a COT não foram influenciadas pelos tratamentos estudados.

Disponibilidade de fósforo, enxofre e micronutrientes catiônicos

Os tratamentos resultaram em alterações nas concentrações de P-disponível no solo (Tabela 2). Entretanto, independentemente do tratamento estudado, essas alterações não resultaram em implicações práticas importantes devido ao fato de as concentrações de P-disponível no solo serem consideradas muito altas (Pauletti, 2004), sobretudo para as culturas de soja e milho, exigentes em P. Salienta-se que as elevadas concentrações de P-disponível no solo foram decorrentes do fato de a área experimental ter sido submetida, até 2008, à adição de $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de esterco líquido de suíno – resíduo que contém, em média, $1,75 \text{ kg m}^{-3}$ de P (Pauletti, 2004). Ainda, maiores concentrações de P foram observadas na camada de 0-10 cm quando comparada com a de 10-20 cm (Tabela 2). O aumento da concentração de COT na camada superficial devido ao SPD (Sá et al., 2009), implica em menor adsorção específica de ortofosfato (H_2PO_4^-) no solo e maior disponibilidade deste nutriente (Guppy et al., 2005).

Os teores médios de S-disponível observados neste estudo ficaram próximos do nível crítico ($25,8 \text{ mg dm}^{-3}$ na camada 0-20 cm – em solução de acetato de amônio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ + ácido acético $0,25 \text{ mol L}^{-1}$) deste nutriente para o SPD, em solo dos Campos Gerais do Paraná (Caires et al., 2002). Salienta-se que o fato de as concentrações de S-disponível não diferirem entre as camadas estudadas (Tabela 2) está coerente. Em condição de alta concentração de P e COT no solo, como a encontrada nas camadas de 0-10 e 10-20 cm do presente estudo, a adsorção de sulfato (SO_4^{2-}) tende a ser diminuída e, conseqüentemente, maior proporção deste ânion fica adsorvida nas camadas subsuperficiais (Havlin et al., 2005).

As concentrações disponíveis dos micronutrientes catiônicos (Cu, Fe, Mn e Zn) foram influenciadas pelos tratamentos (Tabela 2), todavia, sem trazer implicações práticas para o manejo destes elementos no SPD. Independentemente do tratamento empregado, as concentrações observadas de Cu, Fe e Zn foram superiores a 0,8; 12 e $1,2 \text{ mg dm}^{-3}$, respectivamente, sendo enquadradas na faixa considerada alta (Pauletti, 2004). Para o Mn, todos os tratamentos propiciaram concentrações disponíveis deste nutriente dentro da faixa

considerada média (1,3 a 5,0 mg dm⁻³), segundo Pauletti (2004). As concentrações de micronutrientes catiônicos foram maiores na camada de 0-10 cm, devido aos seguintes fatores: (i) à maior ciclagem e acúmulo de nutrientes nesta camada, em SPD; e (ii) o pH não era alto a ponto de limitar a disponibilidade destes micronutrientes. Da Fonseca et al. (2010) verificaram que a disponibilidade de Cu, Fe, Mn e Zn, extraídos por DTPA-TEA a pH 7,3, em área sob PD estabilizado, é maior nas camadas superficiais (0-5 e/ou 5-10 cm) quando comparada à camada de 10-20 cm.

Nitrogênio total e carbono orgânico total

As concentrações de COT e NT não foram alteradas pelos tratamentos (Tabela 2) certamente porque o experimento foi realizado em curto prazo (21 meses). Alterações nas concentrações de COT e NT no SPD têm ocorrido em mais longo prazo. De acordo com Sá et al. (2009), a melhoria dos atributos de fertilidade do solo decorrentes do acúmulo de COT tem sido mais expressiva depois de 15-20 anos da adoção do SPD. Souza et al. (2009) verificaram que as alterações nas concentrações de NT na ILP sob SPD ocorreram a partir do terceiro ano. Além do mais, está coerente o fato de terem sido observadas maiores concentrações de COT e NT na camada 0-10 cm (Tabela 2). Isso evidenciou que a estratégia de manejo de forragens e animais utilizados, no presente estudo, foi coerente e não comprometeram, em curto prazo, as concentrações de COT e NT. Souza et al. (2010) e Nicoloso et al. (2008) observaram resultados similares, em situação de manejo adequado da forragem.

Atributos físicos do solo

As alterações na Ds ocasionada pelos tratamentos (Figura 1) não tiveram implicações práticas, pois o máximo valor observado (1300 kg m⁻³ no tratamento PPAP) está abaixo do nível crítico para o desenvolvimento das raízes, que seria de 1750 kg m⁻³ (Reinert et al.,

2008). O fato de não terem sido observadas alterações nos valores de D_s entre as camadas de 0-10 e 10-20 cm (Figura 1) discorda das observações de Lanzasova et al. (2007) e Spera et al. (2010). Salienta-se que, no presente estudo, os elevados teores de COT, associados com adequadas estratégias de sucessão de culturas e de manejo de forrageira e animais, não resultaram em valores críticos de D_s para as camadas avaliadas.

Os tratamentos empregados alteraram os valores de macroporosidade, contudo, estas alterações não foram suficientes para influenciar a porosidade total (Figura 1). Menor e maior valor de macroporos e microporos, respectivamente, na camada de 0-10 cm, pode ser reflexo do pastejo animal. A presença do animal, por mais controlada e eficiente que seja a estratégia de pastejo adotada, implica na aplicação de carga e isso pode resultar, em curto prazo, na diminuição e aumento da macroporosidade e microporosidade, respectivamente, na camada superficial (0-10 cm). Todavia, na camada de 10-20 cm, a influência do animal sobre os atributos macroporosidade e microporosidade certamente foi menor e/ou desprezível. Isso porque os valores de macroporosidade, no presente estudo, foram próximos de $0,20 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, ou seja, similares aos observados por Lanzasova et al. (2007), para campo nativo ($0,20 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) e Spera et al. (2010), para floresta ($0,22 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) no Sul do Brasil, mas não inferior ao considerado como nível crítico ($0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), conforme Bertol et al. (2004). Ainda, os resultados do presente estudo concordam com as observações realizadas por Spera et al. (2009), os quais afirmaram que os atributos porosidade total, microporosidade e macroporosidade foram alterados na ILP, mas não atingiram níveis críticos de manejo.

Conclusões

As combinações de pastagens (puras e diversificadas) e categorias animais (leves e pesados) não alteraram as concentrações de carbono orgânico total e nitrogênio total, mas influenciaram os atributos acidez do solo e cátions trocáveis. A utilização de pastagens puras

favoreceu a acidificação do solo, enquanto que o emprego de pastagens diversificadas contribuiu para que o processo de acidificação do solo se tornasse mais lento.

Com o emprego de animais pesados, a utilização de pastagens diversificadas foi mais vantajosa por ter proporcionado menor densidade do solo, decorrente de maior quantidade de macroporos. Independentemente da utilização de pastagens puras ou diversificadas e de animais leves ou pesados, as alterações nos atributos físicos do solo não atingiram, em curto prazo (21 meses de estudo), níveis críticos de manejo.

Agradecimentos

À Cooperativa Agropecuária Castrolanda pela concessão da área e dos animais, e pelo apoio financeiro. Ao CNPq, pelo apoio financeiro. Aos alunos do Laboratório de Nutrição de Plantas da UEPG por auxiliarem nas amostragens a campo e nas determinações laboratoriais.

Referências

- Anghinoni, I.; Moraes, A.; Carvalho, P.C.F.; Souza, E.D.; Conte, O.; Lang, C.R. 2011. Benefícios da integração lavoura-pecuária sobre a fertilidade do solo em sistema plantio direto. p.273-309. In: Da Fonseca, A.F.; Caires, E.F.; Barth, G. eds. Fertilidade do solo e nutrição de plantas no sistema plantio direto. Impag / Associação dos Engenheiros Agrônomos dos Campos Gerais: Ponta Grossa, PR.
- Assmann, T.S.; Ronzelli Junior, P.; Moraes, A.; Assmann, A.L.; Koehler, H.S.; Sandini, I. 2003. 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 27: 675-683.
- Balbinot Junior, A.A.; Moraes, A.; Veiga, M.; Pelissari, A.; Dieckow, J. 2009. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. Ciência Rural 39: 1925-1933.

- Barthram, G. T. Experimental techniques; the HFRO sward stick. 1985. Aberdeen, United Kingdom, Hill Farming Research Organization/Biennial Report, p.29-30.
- Bertol, I.; Albuquerque, J.A.; Leite, D.; Amaral, A.J.; Zoldan Junior W.A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas comparadas às do campo nativo. 2004. Revista Brasileira de Ciência do Solo 28: 155-163.
- Blake, G. R.; Hartge, K. L. 1986. Bulk density. In: KLUTE, A., ed. Methods of soil analysis. 2. ed. American Society of Agronomy: Madison, USA.
- Borkert, C.M.; Gaudêncio, C.A.; Pereira, J.E.; Pereira, L.R.; Oliveira Junior, A. 2003. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira 38: 143-153.
- Caires, E.F. 2010. Manejo da acidez do solo. p.277-347. In: Prochnow, L.I.; Casarin, V.; Stipp, S., eds. Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes. IPNI, Piracicaba, SP.
- Caires, E.F.; Feldhaus, I.C.; Barth, G., Garbuio, F.J. 2002. Lime and gypsum application on the wheat crop. Scientia Agrícola 59: 357-364.
- Cantarella, H.; Trivelin, P. C. O. 2001. Determinação de nitrogênio total em solo. p.262-276. In: Raij, B. V.; Andrade, J. C.; Cantarella, H.; Quaggio, J.A., eds. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Instituto Agronômico: Campinas, SP.
- Carvalho, P. C. F. 2005. O Manejo da pastagem como gerador de ambientes pastoris adequados à produção animal. p.7-32. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 22. Piracicaba, Anais ... Piracicaba, SP.
- Cerri, C.C.; Bernoux, M.; Maia, S.M.F.; Cerri, C.E.; Costa Junior, C.; Feigl, J.; Frazão, L.A.; Mello, F.F.C.; Galdo, M.V.; Moreira, C.S.; Carvalho, J.L.N. 2010. Review: Greenhouse gas mitigation options in Brazil for land-use change, livestock and agriculture. Scientia Agrícola 67: 102-116.

- Costa, K.A.P.; Faquin, V.; Oliveira, I.P.; Rodrigues, C.; Severiano, E.C. 2008. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu. I. Alterações nas características químicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 32: 1591-1599.
- Da Fonseca, A.F.; Caires, E.F.; Barth, G. 2010. Extraction methods and availability of micronutrients for wheat under a no-till system with a surface application of lime. *Scientia Agricola* 67: 60-70.
- Danielson, R. E.; Sutherland, P. L. 1986. Porosity. p.443-461. In: Klute, A.,ed. *Methods of soil analysis*. American Society of Agronomy: Madison, USA.
- EMBRAPA/FUNDAÇÃO ABC. 2001. Levantamento semidetalhado de solos – município de Castro. EMBRAPA/SOLOS / EMBRAPA/FLORESTAS / FUNDAÇÃO ABC: Castro, PR (Relatório Interno).
- Fontaneli, R. S.; Santos, H. P.; Mori, C. 2006. Lucratividade e risco de produção de grãos com pastagens, sob sistema plantio direto. *Ciência Rural* 36: 51-57.
- Grohmann, F. 1960. Distribuição do tamanho de poros em três tipos de solo do Estado de São Paulo. *Bragantia* 19: 319-328.
- Guppy, C.N.; Menzies, N.W.; Moody, P.W.; Blamey, F.P.C. 2005. Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: a review. *Australian Journal of Soil Research* 43: 189-202.
- Havlin, J.L.; Beaton, J.D.; Tisdale, S.L.; Nelson, W.L. 2005. *Soil fertility and fertilizers*. Pearson Prentice Hall: Upper Saddle River, USA.
- INTITUTO AGRONOMICO DO PARANÁ (IAPAR). 1994. *Cartas climáticas do Estado do Paraná*. Instituto Agrônômico do Paraná: Londrina, PR, (IAPAR, Documento, 18).
- Landers, J. N. 2007. *Tropical crop-livestock systems in conservation agriculture. The Brazilian experience*. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy.

- Lanzanova, M. E.; Nicoloso, R.S.; Lovato, T.; Eltz, F.L.F.; Amado, T.J.C.; Reinert, D.J. 2007. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 31: 1131-1140.
- Lindsay, W.L.; Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal* 42: 421-428.
- Malvolta, E. 2006. Manual de nutrição de plantas. Editora Agronômica Ceres: São Paulo, SP.
- Miyazawa, M.; Pavan, M.A.; Calegari, A. 1993. Efeito de material vegetal na acidez do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 17: 411-416.
- Moraes, A.; Bandeira, A.; Silva, H.A. 2008. Introdução e justificativas. p.88. In: Moraes, A.; Carvalho, P.C.F.; Silva, H.A.; Janssen, H.P., eds. Produção de leite em sistemas integrados de agricultura-pecuária. Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural – EMATER, Curitiba, PR.
- Moot, G. O.; Lucas, H. L. 1952. The design, conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. p.1380-1385. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 6., 1952, Pennsylvania. Proceedings... State College Press: Pennsylvania, USA.
- Nicoloso, R.S.; Lovato, T.; Amado, T.J.; Bayer, C.; Lanzanova, M.E. 2008. Balanço do carbono orgânico no solo sob integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil. *Revista Brasileira da Ciência do Solo* 32: 2425-2433.
- Pauletti, V. 2004. Nutrientes: teores e interpretações. Fundação ABC: Castro, PR.
- Pavan, M.A.; Bloch, M.F.; Zempulski, H.C.; Miyazawa, M.; Zocoler, D.C. 1992. Manual de análise química do solo e controle de qualidade. Instituto Agronômico do Paraná: Londrina, PR ,(Circular, 76).

- Reinert, D.J.; Albuquerque, J.A.; Reichert, J.M.; Aita, C.; Andrada, M.M.C. 2008. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 32: 1805-1816.
- Russelle, M.P.; Franzluebbers, A.J. 2007. Introduction to "Symposium: Integrated Crop-Livestock Systems for Profit and Sustainability". *Agronomy Journal* 99: 323-324.
- Sá, J.C.M.; Cerri, C.C.; Lal, R.; Dick, W.A.; Piccolo, M.C.; Feigl, B.E. 2009. Soil organic carbon and fertility interactions affected by a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. *Soil & Tillage Research* 104: 56-64.
- SAS SYSTEM. 2004. SAS Institute Inc. SAS Online Doc® 9.1.2. SAS Institute: Cary, NC.
- Silva, H.A.; Moraes, A.; Carvalho, P.C.; Pontes, L.S. 2011. Desempenho de novilhas leiteiras em pastagens anuais de inverno sob sistema de integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 46: 1372-1378.
- Spera, S.T.; Santos, H.P.; Fontaneli, R.S.; Tomm, G.O. 2010. Efeito de integração entre lavoura e pecuária, sob plantio direto, em alguns atributos físicos do solo após dez anos. *Bragantia* 69: 695-704.
- Spera, S.T.; Santos, H.P.; Tomm, G.O.; Kochhann, R.A.; Avila, A. 2009. Atributos físicos do solo em sistemas de manejo de solo e de rotações de culturas. *Bragantia* 68: 1079-1093.
- Souza, E.D.; Costa, S.E.V.G.A.; Anghinoni, I.; Carvalho, P.C.F.; Andrigueti, M.; Cao, E. 2009. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 33: 1829-1836.
- Souza, E.D.; Costa, S.E.V.G.A.; Anghinoni, I.; Lima, C. V. S.; Carvalho, P.C.F.; Martins, A. P. 2010. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 34: 79-88.

Sparks, D.L. 2003. Environmental soil chemistry. 2.ed. Academic Press: San Diego, USA.

Vitti, G.C.; Suzuki, J.A. 1978. A determinação do enxofre – sulfato pelo método turbidimétrico. Universidade Estadual de São Paulo: Jaboticabal, SP.

Tabela 1. Efeitos de combinações de pastagens e categorias animais nos atributos acidez ativa, total e trocável, cátions básicos trocáveis, capacidade de troca de cátions e saturação por bases, em diferentes camadas do solo, na integração lavoura-pecuária sob plantio direto.

Camada (cm)	Combinações de pastagens e categorias animais ⁽¹⁾				Média
	PDAL	PDAP	PPAL	PPAP	
<i>Acidez ativa (pH) ⁽²⁾</i>					
0-10	5,2 ^{Aa}	5,2 ^{Aa}	4,5 ^{DEa}	4,7 ^{CDa}	4,9 ^a
10-20	4,8 ^{CDb}	4,8 ^{BCb}	4,4 ^{Eb}	4,5 ^{Eb}	4,6 ^b
Média	5,0 ^A	5,0 ^A	4,5 ^B	4,6 ^B	
<i>Acidez total (H+Al), mmol_c dm⁻³</i>					
0-10	69,3	71,3	101,6	92,3	83,6 ^b
10-20	85,4	92,5	104,6	99,1	95,4 ^a
Média	77,3 ^B	81,9 ^B	103,1 ^A	95,7 ^A	
<i>Acidez trocável (Al), mmol_c dm⁻³</i>					
0-10	1,8	1,4	4,4	3,1	2,7 ^b
10-20	3,9	3,1	6,4	5,3	4,7 ^a
Média	2,9 ^{AB}	2,3 ^B	5,4 ^A	4,2 ^{AB}	
<i>Cálcio (Ca) trocável, mmol_c dm⁻³</i>					
0-10	55,0 ^{ABa}	58,8 ^{Aa}	40,4 ^{CDa}	44,8 ^{BCa}	49,8 ^a
10-20	31,3 ^{DEb}	36,9 ^{CDb}	25,3 ^{Eb}	34,9 ^{CDEb}	32,1 ^b
Média	43,2 ^{AB}	47,9 ^A	32,9 ^C	39,8 ^B	
<i>Magnésio (Mg) trocável, mmol_c dm⁻³</i>					
0-10	25,8 ^{Aa}	22,8 ^{Aa}	20,2 ^{Ba}	20,6 ^{ABa}	22,4 ^a
10-20	18,8 ^{Bb}	18,9 ^{Bb}	13,7 ^{Cb}	20,6 ^{ABb}	18,0 ^b
Média	22,3 ^A	20,9 ^A	16,9 ^B	20,6 ^A	
<i>Potássio (K) trocável, mmol_c dm⁻³</i>					
0-10	4,2	4,9	5,4	5,5	5,0 ^a
10-20	3,1	3,6	4,4	4,1	3,8 ^b
Média	3,6 ^C	4,3 ^B	4,9 ^A	4,8 ^{AB}	
<i>Capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7, mmol_c dm⁻³</i>					
0-10	154,2	157,9	167,6	163,1	160,7 ^a
10-20	138,6	151,9	148,0	158,6	149,3 ^b
Média	146,4 ^A	154,9 ^A	157,8 ^A	160,9 ^A	
<i>Saturação por bases (V), %</i>					
0-10	56,4 ^{Aa}	56,1 ^{Aa}	39,3 ^{Ca}	43,2 ^{BCa}	48,7 ^a
10-20	39,7 ^{Cb}	40,3 ^{Cb}	29,4 ^{Db}	37,1 ^{Cb}	36,6 ^b
Média	48,0 ^A	48,2 ^A	34,3 ^C	40,1 ^B	

⁽¹⁾ PDAL: pastagens diversificadas (aveia preta, azevém anual, trevo branco e trevo vermelho) submetidas ao pastejo por animais leves (192 ± 40,9 kg); PDAP: pastagens diversificadas submetidas ao pastejo por animais pesados (278 ± 41,2 kg); PPAL: pastagens puras (avezém anual) submetidas ao pastejo por animais leves; PPAP: pastagens puras submetidas ao pastejo por animais pesados.

⁽²⁾ Os valores dos coeficientes de variação para os atributos pH, H+Al, Al, Ca, Mg, K, CTC e V são 4,0; 19,9; 105,1; 20,9; 21,1; 18,5; 14,8 e 11,6%, respectivamente.

⁽³⁾ Médias seguidas por letras iguais maiúsculas e minúsculas nas linhas e colunas, respectivamente, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Tabela 2. Efeitos de combinações de pastagens e categorias animais nos atributos fósforo, enxofre e micronutrientes catiônicos disponíveis, nitrogênio e carbono orgânico total, em diferentes camadas do solo, na integração lavoura-pecuária sob plantio direto.

Camada (cm)	Combinações de pastagens e categorias animais ⁽¹⁾				Média
	PDAL	PDAP	PPAL	PPAP	
<i>Fósforo (P) disponível, mg dm⁻³ ⁽²⁾</i>					
0-10	42,9	50,0	72,0	91,0	64,0 ^a
10-20	13,2	20,9	27,1	37,8	24,8 ^b
Média	28,0 ^C	35,5 ^{BC}	49,6 ^{AB}	64,4 ^A	
<i>Enxofre (S) disponível, mg dm⁻³</i>					
0-10	22,9	15,8	36,7	30,4	26,5 ^a
10-20	22,6	20,6	30,1	25,7	24,7 ^a
Média	22,8 ^{BC}	18,2 ^C	33,4 ^A	28,0 ^{AB}	
<i>Cobre (Cu) disponível, mg dm⁻³</i>					
0-10	4,9	4,4	3,7	3,7	4,2 ^a
10-20	3,2	3,0	2,5	2,4	2,8 ^b
Média	4,1 ^A	3,7 ^{AB}	3,1 ^{BC}	3,0 ^C	
<i>Ferro (Fe) disponível, mg dm⁻³</i>					
0-10	82,7	101,1	119,5	173,7	119,2 ^a
10-20	71,5	79,2	77,0	113,2	85,2 ^b
Média	77,1 ^B	90,1 ^B	98,3 ^B	143,5 ^A	
<i>Manganês (Mn) disponível, mg dm⁻³</i>					
0-10	5,1 ^{BCa}	4,3 ^{Ca}	6,2 ^{Ab}	7,1 ^{Aa}	5,7 ^a
10-20	2,3 ^{Db}	1,8 ^{Db}	2,1 ^{Db}	2,3 ^{Db}	2,1 ^b
Média	3,7 ^{BC}	3,1 ^C	4,2 ^{AB}	4,7 ^A	
<i>Zinco (Zn) disponível, mg dm⁻³</i>					
0-10	5,4	4,6	6,4	5,8	5,5 ^a
10-20	2,6	1,8	2,5	2,3	2,3 ^b
Média	4,0 ^{AB}	3,2 ^B	4,4 ^A	4,1 ^{AB}	
<i>Nitrogênio total (NT), g dm⁻³</i>					
0-10	1,8	2,3	2,2	2,2	2,1 ^a
10-20	1,4	1,5	1,5	1,6	1,5 ^b
Média	1,6 ^A	1,9 ^A	1,8 ^A	1,9 ^A	
<i>Carbono orgânico total (COT), g dm⁻³</i>					
0-10	27,8	26,9	27,3	27,2	27,3 ^a
10-20	25,0	25,1	24,3	25,5	25,0 ^b
Média	26,4 ^A	26,0 ^A	25,8 ^A	26,3 ^A	

⁽¹⁾ PDAL: pastagens diversificadas (aveia preta, azevém anual, trevo branco e trevo vermelho) submetidas ao pastejo por animais leves (192 ± 40,9 kg); PDAP: pastagens diversificadas submetidas ao pastejo por animais pesados (278 ± 41,2 kg); PPAL: pastagens puras (avezém anual) submetidas ao pastejo por animais leves; PPAP: pastagens puras submetidas ao pastejo por animais pesados.

⁽²⁾ Os valores dos coeficientes de variação para os atributos P, S, Cu, Fe, Mn, Zn, NT e COT são 51,5; 40,9; 24,6; 52,9; 27,1; 34,1; 24,4 e 15,6%, respectivamente.

⁽³⁾ Médias seguidas por letras iguais maiúsculas e minúsculas nas linhas e colunas, respectivamente, não diferem pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

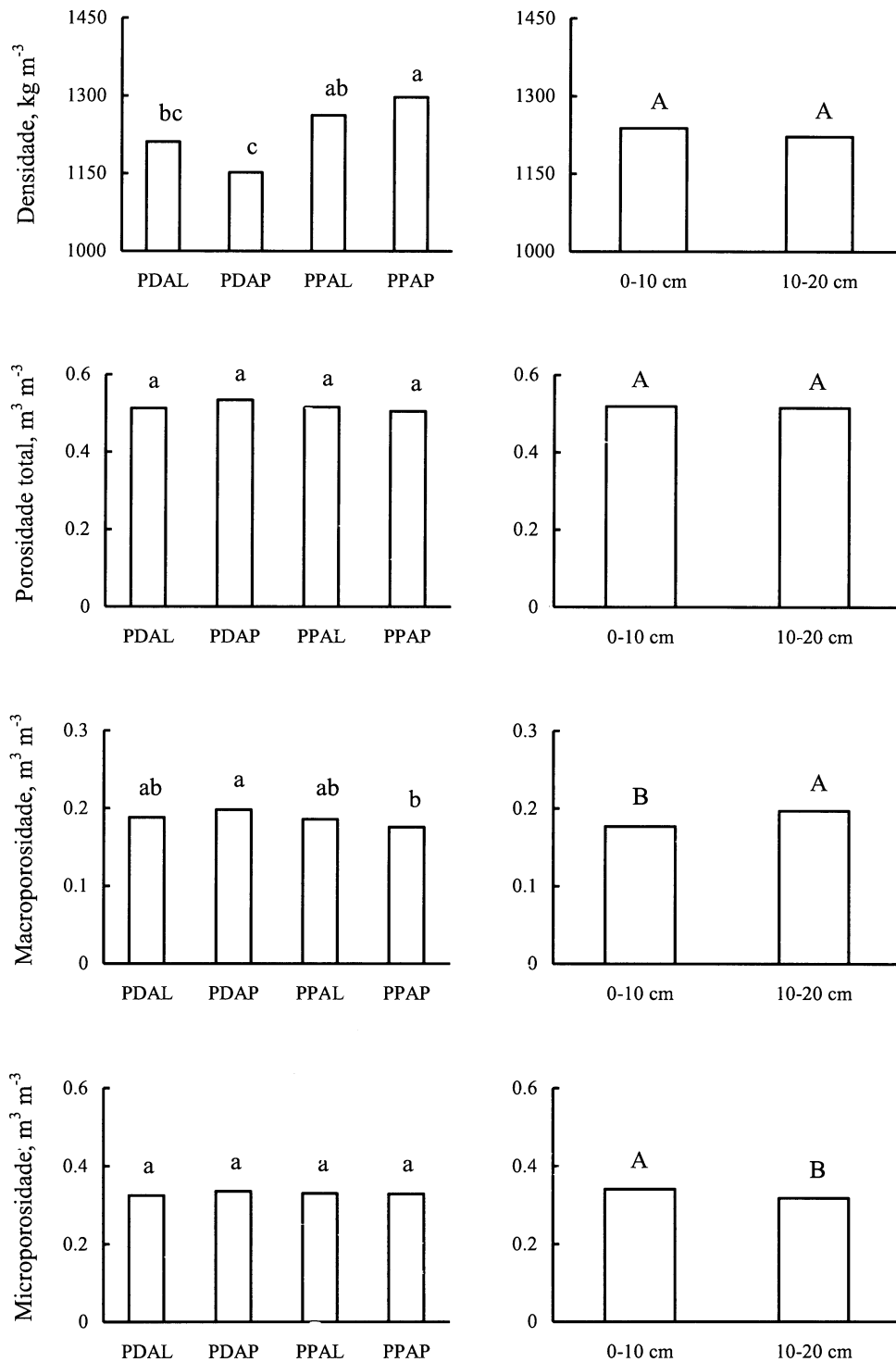


Figura 1. Atributos físicos do solo na integração lavoura-pecuária sob plantio direto submetido a combinações de pastagens e categorias animais. PDAL: pastagens diversificadas (aveia preta, azevém anual, trevo branco e trevo vermelho) submetidas ao pastejo por animais leves; PDAP: pastagens diversificadas submetidas ao pastejo por animais pesados; PPAL: pastagens puras (avezém anual) submetidas ao pastejo por animais leves; PPAP: pastagens puras submetidas ao pastejo por animais pesados. Médias seguidas por letras iguais minúsculas e maiúsculas para as combinações e camadas de solo, respectivamente, não diferem pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

7. Viabilidade econômica da produção de novilhas leiteiras a pasto na integração lavoura-pecuária

Hernani Alves da Silva⁽¹⁾, Anibal de Moraes⁽¹⁾, Paulo César de Faccio Carvalho⁽²⁾, Adriel Ferreira da Fonseca⁽³⁾, Vânia Di Addario Guimarães⁽¹⁾, Alda Lúcia Gomes Monteiro⁽¹⁾ e Claudete Reisdorfer Lang⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Federal do Paraná, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias. Rua dos Funcionários, 1540, CEP 80035-050, Curitiba, PR. E-mail: hernani@castrolanda.coop.br, anibalm@ufpr.br, vania.di@ufpr.br, alda.lgm@ufpr.br, langc@ufpr.br; ⁽²⁾Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Av. Bento Gonçalves, 7712, Caixa Postal, 776, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS. E-mail: paulocfc@ufrgs.br; ⁽³⁾Universidade Estadual de Ponta Grossa, Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Agrícola. Av. General Carlos Cavalcanti, 4748, Campus Uvaranas, CEP 84.030-900, Ponta Grossa, PR. E-mail: adriel@uepg.br.

Resumo - Objetivou-se, neste trabalho, realizar a análise econômica da produção de novilhas leiteiras em pastagens anuais (de inverno), na integração lavoura-pecuária (ILP) sob plantio direto (SPD) como alternativa ao cultivo de cereais de inverno. O experimento foi conduzido no município de Castro (PR), durante os anos agrícolas 2008/2009 e 2009/2010. Foi utilizado um delineamento experimental de blocos completos casualizados, com três repetições e quatro tratamentos envolvendo combinações de pastagens (diversificadas ou puras) e categorias de animais (leves e pesados), submetidas ao pastejo animal durante o inverno. Durante o verão, a área foi cultivada com soja (2008/2009) e milho (2009/2010). A análise

econômica foi realizada a partir de resultados experimentais de dois sistemas de produção: (i) sistema agrícola (produção de grãos de milho e soja, no verão e cultivo de trigo e/ou plantas de cobertura do solo, no inverno) e (ii) sistema ILP (difere do sistema agrícola pelo fato de cultivar aveia preta e azevém anual para o pastoreio animal durante o inverno). A ILP com recria de novilhas leiteiras em pastagens anuais de inverno, em substituição ao cultivo de cereais de inverno e plantas de cobertura de solo para o plantio direto, foi a alternativa mais rentável aos produtores.

Termos para indexação: agricultura conservacionista, análise econômica, pastagens anuais de inverno, recria de novilhas, sistema integrado de produção.

Economic viability of dairy heifers production on pasture in crop-livestock integration

Abstract - This study aimed to perform the economic analysis of dairy heifers' production in annual pasture (winter) with integrated crop-livestock (ICL) under no-tillage (NT) as a cultivation alternative of winter cereals. The experiment was carried out in the municipality of Castro (Paraná State, Brazil) during crop years 2008/2009 and 2009/2010. Experimental design of randomized complete block was used with three replications and four treatments involving pasture combinations (diversified or pure) and animal categories (light and heavy) submitted to animals grazing during winter. At the summer, the area was planted with soybeans (2008/2009) and corn (2009/2010). The economic analysis was performed based on experimental results of two production systems: "(i) agricultural system (production of corn and soybeans in the summer and cultivation of wheat and/or ground cover plants in the winter) and (ii) ICL system (different from farming system because of growing black oats and

annual ryegrass for animals grazing during the winter)”. ICL with rearing of dairy heifers in winter annual grazing to replace the winter cereal crops and cover crops for no-tillage soil was the alternative more profitable for producers, indicating the possibility of deploying this technology to improve the income for local farmers.

Index terms: conservationist agricultural, economic analysis, annual winter pastures, heifers rearing, integrated production system.

Introdução

A principal bacia leiteira do país se encontra no município de Castro, região dos Campos Gerais do Paraná (IBGE, 2009). Nesta região, 70% do leite produzido ocorre em sistemas de produção com confinamento total ou semi-confinamento, apresentando custos totais relativamente altos (Silva et al., 2008) . Conseqüentemente alternativas para redução dos custos de produção são necessárias devido à redução da margem líquida do produtor. Uma das alternativas seria a diminuição do custo com animais de reposição que, na formação do custo total de produção do leite, fica atrás somente dos custos com a alimentação das vacas em lactação (Heinrichs, 1993).

No ano agrícola de 2009/2010, dos 702.000 ha da região dos Campos Gerais cultivados no verão, apenas 27% desta área (190.000 ha) foi cultivada com cereais de inverno, principalmente o trigo (SEAB-DERVAL, 2010). As demais áreas foram predominantemente (i) cultivadas com gramíneas anuais de inverno, principalmente aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) e azevém anual (*Lolium multiflorum* L.), consorciadas ou não com leguminosas, principalmente a ervilhaca (*Vicia sativa* L.) ou brássicas [nabo forrageiro (*Raphanus sativus*

L.]); ou (ii) deixadas em pousio. Este cenário indica subutilização de áreas e, portanto, o adequado uso e manejo no sistema integração lavoura-pecuária (ILP), pode representar real oportunidade para intensificar o uso econômico de tais áreas, inclusive, permitindo a produção de novilhas de reposição a base de pastagens anuais de inverno nas áreas cultivadas com grãos durante o verão (Balbinot Junior et al., 2009).

O elevado potencial de produção de carne e leite em sistema de ILP tem sido evidente em diversos trabalhos. Restle et al. (2000), Marchezan et al. (2002), Assmann et al. (2004) e Silva et al. (2008) verificaram que a ILP é uma estratégia de diversificação agropecuária que pode trazer benefícios técnicos, econômicos e biológicos, pois podem diversificar as fontes de recursos, diminuir riscos de frustrações de produção (Lazzarotto et al., 2010) e redução de impactos ambientais negativos (Cerri et al., 2010).

No entanto, existem carências de estudos que evidenciam as vantagens econômicas deste sistema, possibilitando maior adoção por parte dos produtores (Fontaneli et al., 2000). Segundo Canziani & Guimaraes (2007), o cultivo de pastagens anuais durante o inverno, no Paraná, é uma alternativa ao cultivo de cereais de inverno, porém, necessita ser mais investigado economicamente. Contudo, deve-se destacar que o sistema ILP tende a ser mais complexo, pois exige por parte do produtor rural um conjunto maior de conhecimentos técnicos e mercadológicos, que estão relacionados com as atividades agrícolas e de pecuária (Lazzarotto et al., 2010).

Neste experimento com pastejo de novilhas leiteiras em sistema de ILP, foi testada a hipótese de que a recria de novilhas leiteiras em pastagens anuais de inverno, em substituição ao cultivo de cereais de inverno e culturas de cobertura de solo é uma alternativa rentável aos produtores da região dos Campos Gerais do Paraná. Objetivou-se, neste trabalho, avaliar economicamente a produção de novilhas leiteiras em pastagens anuais de inverno, no sistema

ILP sob plantio direto, em substituição ao cultivo de cereais de inverno. Mais especificamente, foram comparados sistemas de produção, quanto aos custos, margens e rentabilidade do capital imobilizado, quando a área no inverno foi ocupada com a cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.), produção de aveia para cobertura de solo ou pastagem anual de inverno para recria de novilhas leiteiras, e no verão, com o cultivo de milho (*Zea mays* L.) ou soja (*Glycine max* (L.) Merrill), em rotação de culturas no sistema de integração lavoura-pecuária.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em uma área de 17 hectares, na unidade de produção de novilhas da Cooperativa Agropecuária Castrolanda, no município de Castro, PR, nos anos agrícolas de 2008/2009 e 2009/2010. A área experimental está localizada na região fisiográfica denominada Primeiro Planalto Paranaense, situada a 24°47'28"S e 50°00'25"W, e altitude de 1005 metros. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é subtropical úmido do tipo Cfb (Instituto Agrônômico do Paraná, 1994), com verões frescos e invernos com ocorrência de geadas severas e frequentes, sem estação seca definida. Durante o período de condução do experimento (junho/2008 a abril/2010), a precipitação pluvial média mensal e temperatura média do ar da área experimental foram de 133,4 mm e 17,6°, respectivamente.

O solo predominante na área experimental, segundo levantamento semidetalhado de solos, Município de Castro (2001), é do tipo Latossolo Bruno distrófico textura argilosa, fase relevo suave ondulado (2 a 4%). Por ocasião da instalação do experimento, o solo apresentava os seguintes atributos na camada de 0-20 cm: pH (CaCl₂) de 4,9; concentrações de acidez total (H+Al), acidez trocável (Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio trocáveis (K) de 86,

1, 52, 17 e 7 mmol_c dm⁻³, respectivamente; concentração de fósforo (P) disponível (Mehlich-1) de 111 mg dm⁻³, concentrações de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) de 36 e 2,2 g dm⁻³, respectivamente; saturação por bases (V) de 47%; concentrações de areia, argila e silte de 384, 439 e 177 g kg⁻¹, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com três repetições e quatro tratamentos, que incluíram quatro combinações de pastagens e categorias de animais (novilhas leiteiras), submetidas ou não ao pastejo durante o inverno: (a) animais leves (192±40,9 kg em média de peso vivo (PV) e idade média de 9,4±2,31 meses) em pastagem diversificada composta de azevém anual, aveia preta, trevo branco (*Trifolium repens* L.) e trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.) (ALD); (b) animais pesados (278±41,2 kg em média de PV e idade média de 19,6±2,47 meses) em pastagem diversificada (APD); (c) animais leves em pastagem pura composta de azevém anual (ALP); (d) animais pesados em pastagem pura de azevém anual (APP).

As parcelas dos tratamentos com animais leves e pesados possuíam, em média, 1,2±0,42 e 1,4±0,59 ha, respectivamente. Em cada parcela, foram isoladas áreas controle com cerca elétrica (tamanho 5 x 10 m) que não receberam o pastejo. Foram utilizados animais da raça Holandês Preto e Branco (HPB) e mestiços HPB com Jersey. O método de pastejo foi o contínuo. Cada piquete contou com quatro animais testadores e um número variável de animais reguladores, para manter altura de manejo constante de 20 cm (Carvalho, 2005).

No ano agrícola 2008/2009, após a pastagem anual de inverno, foi implantada a cultura da soja e na safra 2009/2010, a cultura do milho. Em 2008, os animais saíram da área experimental no dia 22 de outubro, totalizando 89 dias de pastejo. Na sequência, procedeu-se a dessecação da fitomassa de pastagem com o herbicida glifosate, na dose de 1.440 g ha⁻¹ de ingrediente ativo (i.a.). Aos 33 dias após a dessecação, foi realizada a semeadura da soja (cv.

CD 205), empregando-se espaçamento entrelinhas de 40 cm e fertilização no sulco de semeadura de 300 kg ha⁻¹ do formulado 00-20-20 (N-P₂O₅-K₂O).

Para a avaliação do rendimento de grãos de soja, foram colhidas manualmente quatro linhas de 4,0 m por cada parcela (área útil de 7,2 m²), nas situações com pastejo e sem pastejo. Depois de trilhados e limpos, procedera-se a determinação da concentração de umidade e correção para 130 g kg⁻¹.

No ano de 2009, os animais foram retirados da área experimental no dia 5 de outubro, totalizando 88 dias de pastejo. Foi procedida, então, a dessecação da pastagem com o herbicida glifosate, na dose de 1.200 g ha⁻¹ de i.a. Aos 25 dias após a retirada dos animais, procedeu-se a semeadura do milho (híbrido simples modificado ATL 200), empregando-se espaçamento entrelinhas de 80 cm. A fertilização de base foi realizada ao lado do sulco de semeadura, empregando-se 320 kg ha⁻¹ do formulado 10-20-20 (N-P₂O₅-K₂O). O estande final do milho foi de 66.536 plantas ha⁻¹. A fertilização de cobertura foi realizada em área total aos 18 dias após a emergência (DAE), quando a cultura se encontrava na estádio V4, na dose de 400 kg ha⁻¹ do formulado 22-00-21 (N-P₂O₅-K₂O). Demais tratos culturais foram empregados nas culturas tanto de milho quanto de soja, de modo a permitir o adequado crescimento e desenvolvimento.

A colheita foi realizada em 01/04/2010 para a determinação do rendimento de grãos de milho, mediante colheita manual de quatro linhas centrais de 4,0 m por cada parcela (área útil de 12,8 m²), nas situações com pastejo e sem pastejo. Depois de trilhados e limpos, procedera-se a determinação da concentração de umidade e correção para 130 g kg⁻¹.

A análise econômica foi realizada apropriando-se os resultados experimentais obtidos, desempenho animal e produtividades das lavouras, em duas situações: sistema agrícola e sistema de ILP. O primeiro sistema, considerado o mais tradicional regionalmente, inclui

lavouras de milho e soja no verão, em rotação de culturas e no inverno, cultivo de trigo para produção de grãos e aveia preta (sem o uso de tecnologia) para cobertura de solo. O sistema agrícola, nesse caso, visa a ocupação de 1/3 da área de inverno com a cultura do trigo e 2/3 da área com o cultivo de aveia preta para cobertura de solo. No verão, o sistema de rotação de culturas preconiza a utilização de 1/3 da área com a lavoura de milho e 2/3 com a soja. O segundo caso, que inclui o sistema ILP, visa, a utilização de 1/3 da área na forma de pastagem perene de verão, neste caso específico, de capim-Tifton 85 (*Cynodon dactylon Pers. X C. niemfuensis* Vanderyst), que apresenta elevada produção quanti-qualitativa de matéria seca e forragem. Em 2/3 da área o cultivo de milho e soja em rotação de culturas, com 1/3 da área ocupado com o milho e 2/3 com a cultura da soja. No inverno, a área agrícola é totalmente ocupada com as pastagens anuais de inverno objetivando a produção animal. As pastagens foram conduzidas de forma integrada à produção agrícola, observando calendários e proporções de áreas discutidos por Carvalho et al. (2005).

Esse sistema prevê uma relação de superfície verão/inverno compatível com as produções de forragens respectivas das forrageiras de verão e inverno propostas. O sistema proposto neste trabalho simula a utilização de área de 100 ha. Na Tabela 1 são apresentados a caracterização dos sistemas de produção simulados e os indicadores técnicos usados para a análise econômica.

Para a análise econômica dos sistemas de produção foi utilizada a planilha eletrônica Microsoft Excel – Modelagem de Propriedade no Paraná – soja, milho, trigo e aveia (Guimarães et al., 2000). Para apropriação do custo de produção os preços de venda dos produtos foram obtidos junto à SEAB/DERAL (2010), nos últimos cinco anos e deflacionados pelo IGP-DI (Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna) da Fundação Getúlio Vargas, para abril de 2010, e os preços dos insumos e serviços junto à Cooperativa Agropecuária Castrolanda (pela sua importante atuação no mercado regional). Essa análise

resultou em custo total de produção para as lavouras acompanhadas em R\$ ha⁻¹ e o custo total da propriedade.

Com os resultados das atividades desenvolvidas nos sistemas de produção, foi possível o cálculo dos resultados da propriedade segmentados em custo variável, custo fixo, custo total, receita bruta, margem bruta e margem líquida, resultando na análise da variação patrimonial e rentabilidade do patrimônio, através do cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) a 6% a.a. e da taxa interna de retorno (TIR).

Para a análise da viabilidade econômica de longo prazo utilizou-se metodologia proposta por Peres et al. (2008), com a elaboração de fluxo de receitas líquidas dos empreendimentos estudados com a determinação do VPL. A análise de viabilidade de implantação da tecnologia proposta (sistemas ILP) foi realizada através da elaboração de fluxos de caixa incrementais, ou seja, fluxos de caixa devido ao projeto, que foram obtidos pela diferença entre os saldos dos fluxos de caixa dos sistemas propostos (ILP) e o saldo do fluxo de caixa do empreendimento sem o projeto (sistema agrícola). Assim a avaliação econômica consistiu no cálculo do VPL do saldo do fluxo de caixa devido ao projeto, que resultou em um valor monetário (em reais) que poderia ser negativo, positivo ou igual a zero. De acordo com Peres et al. (2008) um projeto pode ser aceito ou implementado quando este VPL for positivo.

Resultados e discussão

Para a análise econômica foram utilizados os valores médios obtidos para os tratamentos (Tabela 1). Os tratamentos empregados não ocasionaram alteração no rendimento de grãos de soja, com média de 3.755 kg ha⁻¹ nos tratamentos que receberam o pastejo animal durante o inverno e 3.775 kg ha⁻¹ nos tratamentos sem o pastejo animal. Com relação ao

milho o pastejo animal proporcionou aumento no rendimento de milho, com média de 7.916 kg ha⁻¹ nos tratamentos com pastejo e 6.894 kg ha⁻¹ sem o pastejo animal durante o inverno (Silva et al., 2011b).

O capital imobilizado total foi de R\$ 119.654,00 maior para o sistema ILP devido aos investimentos realizados para a formação da pastagem perene de verão e para as benfeitorias e implementos utilizados exclusivamente com a atividade pecuária (Tabela 2). Nos sistemas de ILP 30% da área foram reservados para a implantação da pastagem perene de verão, neste caso específico o capim-Tifton 85, adaptado para a região e com alta produção de matéria seca, para receber os animais durante o período de primavera/verão. Lazzarotto et al. (2010) observaram necessidade de investimentos de 33% maior para o sistema de ILP em relação ao sistema agrícola, destacando que devem ser efetuadas inversões em bens específicos para explorar a atividade pecuária.

A cultura da soja apresentou margens líquidas satisfatórias com média de R\$ 514,27 ha⁻¹ no sistema ILP e R\$ 630,65 ha⁻¹ no sistema agrícola (Tabela 3). O milho apresentou margens líquidas negativas tanto para o sistema ILP quanto para o sistema agrícola, com médias de R\$ 539,04 ha⁻¹ para o sistema ILP e R\$ 711,80 ha⁻¹ para o sistema agrícola. O tratamento APP do sistema de ILP e o tratamento do sistema agrícola apresentaram margens líquidas negativas maiores, R\$ 706,18 ha⁻¹ e R\$ 711,80 ha⁻¹, respectivamente, devido às menores produtividades obtidas nestes tratamentos de 7.305 kg ha⁻¹ no tratamento APP do sistema de ILP e 6.894 kg ha⁻¹ no sistema agrícola (Tabela 1).

A cultura do trigo, mesmo utilizando-se uma produtividade elevada, 2.740 kg ha⁻¹, pois Canziani & Guimarães (2007), relatam que no período de 1995 a 2005 a produtividade média do trigo no Estado do Paraná foi de 1.840 kg ha⁻¹, apresentou margem bruta negativa de R\$ 145,59 ha⁻¹ e margem líquida negativa de R\$ 851,07 ha⁻¹, não cobrindo o custo variável para produção da lavoura. Resultados semelhantes foram encontrados por Molin (2008), em

análise econômica do subsistema de produção trigo/soja, no período 1989 a 2004, explorando 100% da área de inverno com trigo.

A pastagem anual de inverno, no sistema ILP, apresentou margem líquida negativa média de R\$ 1.003,89 ha⁻¹ e a cultura da aveia utilizada como cobertura de solo no sistema agrícola R\$ 446,48 ha⁻¹ (Tabela 3), pois no sistema ILP a pastagem de anual de inverno foi cultivada com alta tecnologia, com o uso de sementes melhoradas e fertilização necessária para elevadas produtividades de matéria seca, enquanto que na aveia cultivada para cobertura de solo o uso de tecnologia foi baixo, basicamente utilizando-se apenas as sementes e os serviços necessários para a implantação.

A atividade novilhas leiteiras resultou em margem líquida média de R\$ 1.364,13 ha⁻¹ (Tabela 3), compensando a área que deixou de ser semeada com o trigo e os custos de implantação das pastagens anuais de inverno. Durante o período de inverno, as pastagens (diversificadas ou puras) foram utilizadas para pastejo contínuo, com adequadas estratégias de manejo. Tais pastagens proporcionaram GMD adequado para os animais (leves e pesados) testados, além de proporcionarem fitomassa residual após o pastejo animal acima de 2.700 kg ha⁻¹ de massa seca, a qual é adequada para o sistema de produção adotado, não prejudicando a produtividade das culturas subsequentes (Silva et al., 2011b).

Os tratamentos dos sistemas ILP apresentaram margem líquida média de R\$ 36.673,39, enquanto que o sistema agrícola resultou em margem líquida negativa de R\$ 39.759,23 (Tabela 4). Os tratamentos APD e APP do sistema ILP apresentaram as maiores rentabilidades, com margens líquidas de R\$ 40.814,87 e R\$ 46.648,92, respectivamente, devido às maiores margens líquidas obtidas com a atividade de recria de novilhas. Catrileo S. et al. (2003), mostraram resultados semelhantes, confirmando a presença dos animais como principal contribuinte econômico em estratégias para maximizar a margem bruta em sistemas de integração lavoura-pecuária.

O sistema APP apresentou a melhor rentabilidade com VPL de -R\$ 131.597,11 e TIR de 4,8% (Tabela 4). Mesmo os sistemas de ILP apresentando valores de VPL negativos, mostrando inviabilidade econômica no longo prazo, com juros de 6% ao ano, estes sistemas apresentaram melhores rentabilidades quando comparados ao sistema agrícola, com VPL de -R\$ 374.137,21 e TIR de 1,8%.

A estimativa dos saldos devidos à implantação dos sistemas de ILP (Tabela 5) mostra que o sistema APP apresentou o melhor saldo anual devido ao projeto, R\$ 332.643,30 no sexto ano, indicando este sistema como o de melhor rentabilidade. O VPL com a implantação do projeto (ILP), considerando taxa de juros de 6% ao ano é positivo com valores de R\$ 103.924,92 para o sistema ALD, R\$ 143.972,81 (APD), R\$ 58.302,07 (ALP) e R\$ 171.645,84 para o sistema APP, mostrando que a implantação dos sistemas de ILP são viáveis, quando comparados ao sistema agrícola (Tabela 6), confirmando resultados de Lazzarotto et al. (2010), onde inferem que os resultados financeiros decorrentes da implantação da ILP são, em relação aos sistemas agrícola e bovino de corte, menos vulneráveis a variações em fatores operacionais e de mercado, propiciando os melhores resultados financeiros.

Esses resultados estão de acordo com dados apresentados por Fontaneli et al. (2000) e Ambrosi et al. (2001) onde citam que a ILP sob sistema de cultivo plantio direto é viável tanto para as culturas de inverno e de verão, como para a engorda de bovinos, no período invernal. Análises realizadas por Lazzarotto et al. (2009) estudando a volatilidade dos retornos econômicos associados à ILP no Estado do Paraná, concluíram que, no curto prazo, a ILP tende a gerar melhores resultados econômicos que os demais sistemas analisados (especialização na bovinocultura de corte e produção de grãos), e que a combinação de atividades agrícolas e de pecuária pode trazer vantagens interessantes, como a redução na relação risco/retorno esperados.

Conclusões

1. Os tratamentos compostos por pastagens diversificadas submetidas ao pastejo por animais pesados e pastagens puras submetidas ao pastejo por animais pesados do sistema de integração lavoura-pecuária apresentaram os melhores resultados econômicos.

2. O sistema integração lavoura-pecuária com a recria de novilhas leiteiras em pastagens anuais de inverno, em substituição ao cultivo de cereais de inverno e culturas de cobertura de solo é uma alternativa rentável aos produtores e responde positivamente aos investimentos em tecnologia.

Referências

AMBROSI, I.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; ZOLDAN, S.M. Lucratividade e risco de sistemas de produção de grãos combinados com pastagens de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.1213-1219, 2001.

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**, v.33, p.37-44, 2004.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v.39, p-1925-1933, 2009.

CANZIANI, J.R.; GUIMARÃES, V.D.A. Análise da viabilidade econômica da pecuária de corte no “sistema de integração lavoura-pecuária” em substituição às culturas de trigo e milho

safrinha no Estado do Paraná. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, 2007. Curitiba, PR. **Anais**. Curitiba: UFPR, 2007, 16p. CD-ROM.

CARVALHO, P.C. de F. O Manejo da pastagem com gerador de ambientes pastoris adequados à produção animal. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 22., 2005, Piracicaba. **Teoria e prática da produção animal em pastagens**. Piracicaba: FEALQ, 2005. p.7-32.

CARVALHO, P.C de F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A. de; TREIN, C.R.; FLORES, J.P.C.I.; CEPIK, C.T.C.; LEVIEN, R.; LOPES, M.T.; BAGGIO, C.; LANG, C.R.; SULC, R.M.; PELISSARI, A. O estado da arte em integração lavoura-pecuária. In: GOTTSCHALL, C. S.; SILVA, J.L.S.; RODRIGUES, N.C. (Org.). **Produção animal: mitos, pesquisa e adoção de tecnologia**. Canoas-RS: Ulbra, 2005. p.7-44.

CATRILEO S, A.; VÉJAR M., M.; ROJAS G., C. Estrategias de producción para maximizar el margen bruto en un sistema tradicional ganado-cultivo del secano de la IX region. **Agricultura Técnica**, v.63, p.240-250, 2003.

CERRI, C.C.; BERNOUX, M.; MAIA, S.M.F.; CERRI, C.E.; COSTA JUNIOR, C.; FEIGL, J.; FRAZÃO, L.A.; MELLO, F.F.C.; GALDO, M.V.; MOREIRA, C.S.; CARVALHO, J.L.N. Review: Greenhouse gas mitigation options in Brazil for land-use change, livestock and agriculture. **Scientia Agrícola**, v.67, p.102-116, 2010.

FONTANELI, R.S.; AMBROSI, I.; SANTOS, H.P.; IGNACZAK, J.C.; ZOLDAN, S.M. Análise econômica de sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.2129-2137, 2000.

GUIMARÃES, V.D.A.; PERES, F.C.; CANZIANI, J.R. Avaliação do risco nas culturas de milho, soja e trigo no Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 38 – Volume 1, 2000, Rio de Janeiro, RJ. **Anais...** Rio de Janeiro, 2000. CD-ROM.

HEINRICHS, A.J. Raising replacement heifers to meet the needs of the 21st century. **Journal Dairy Science**, v.76, p.3179-3187, 1993.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Perfil da pecuária municipal 2009**. Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm>.

Acesso em: 24 de janeiro de 2011.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do Estado do Paraná 1994**. Londrina: IAPAR, 1994. 49p. (IAPAR. Documentos, 18).

LAZZAROTTO, J.J.; SANTOS, M.L.; LIMA, J.E.; MORAES, A. Volatilidade dos retornos econômicos associados à integração lavoura-pecuária no Estado do Paraná. **Revista de Economia e Agronegócio**, v.7, p.259-284, 2009.

LAZZAROTTO, J.J.; SANTOS, M.L.; LIMA, J.E. Viabilidade financeira e riscos associados à integração lavoura-pecuária no Estado do Paraná. **Organizações Rurais & Agroindústrias**, v.12, p.113-130, 2010.

LEVANTAMENTO semidetalhado de solos, município de Castro: relatório interno. Londrina: Embrapa Solos, 2001. 86p.

MARCHEZAN, E.; VIZZOTTO, V.R.; ROCHA, M.G.; MOOJEN, E.L.; SILVA, J.H.S. Produção animal em várzea sistematizada cultivada com forrageiras de estação fria submetidas a diferentes níveis de adubação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, p.303-308, 2002.

MOLIN, R. **Subsistemas de produção em plantio direto. Explorando alternativas econômicas rentáveis para o inverno**. Castro, PR. Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária, 2008. 104p.

PERES, F.C.; CANZIANI, J.R.; GUIMARÃES, V.D.A. **Programa empreendedor rural – projetos**. Curitiba: Senar-Paraná, 2008. 264p.

RESTLE, J.; ROSO, C.; SOARES, A.B.; LUPATINI, G.C.; ALVES FILHO, D.C.; BRONDANI, I.L. Produtividade animal e retorno econômico em pastagem de aveia preta mais azevém adubada com fontes de nitrogênio em cobertura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, n. 29, p.357-364, 2000.

SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO PARANÁ (SEAB-
DERAL). Comparativo de área, produção e produtividade no Paraná nas safras 08/09 e 09/10. Disponível em: <http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/pss.xls#Paraná!A1>. Acesso em 24 de janeiro de 2011.

SILVA, H.A.; KOEHLER, H.S.; MORAES, A.; GUIMARÃES, V.D.G.; HACK, E.; CARVALHO, P.C.F. Análise da viabilidade econômica da produção de leite a pasto e com suplementos na região dos Campos Gerais, Paraná. **Ciência Rural**, v.38, p. 445-450, 2008.

SILVA, H.A.; MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; PONTES, L.S. Desempenho de novilhas leiteiras em pastagens anuais de inverno sob sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1372-1378, 2011.

SILVA, H.A.; MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; DA FONSECA, A.F.; DIAS, T.S. Maize and soybeans production in integrated system under no-tillage with different pasture combinations and animal categories. **Revista Ciência Agronômica**, 2011 (no prelo).

Tabela 1 – Atividades desenvolvidas e indicadores técnicos nos sistemas agrícola e integração lavoura-pecuária (ILP), considerando uma propriedade de 100 ha.

Item	Período/ Medida	Sistemas ILP – tratamentos ⁽¹⁾				Agrícola
		ALD	APD	ALP	APP	
Atividades						
Soja (ha)	Verão	46,7	46,7	46,7	46,7	66,7
Milho (ha)	Verão	23,3	23,3	23,3	23,3	33,3
Trigo (ha)	Inverno	-	-	-	-	33,3
Novilhas (UBA)	UBA	156	178	132	174	-
Pastagem perene verão (ha)	Verão	30	30	30	30	-
Pastagem anual inverno (ha)	Inverno	70	70	70	70	-
Plantas de cob. de solo (ha)	Inverno	-	-	-	-	66,7
Indicadores técnicos						
Produtividade média de soja ⁽²⁾	kg ha ⁻¹	3.738	3.526	3.862	3.895	3.775
Produtividade média de milho ⁽²⁾	kg ha ⁻¹	8.112	8.133	8.112	7.305	6.894
Produtividade média de trigo ⁽⁴⁾	kg ha ⁻¹	-	-	-	-	2.740
Peso de entrada das novilhas ⁽³⁾	kg de p.v.	192,0	278,0	192,0	278,0	-
Peso de saída das novilhas ⁽³⁾	kg de p.v.	312,0	395,0	330,0	419,0	-
Fase de recria (past. inverno)	dia	150	150	150	150	-
Ganho de peso total /animal	kg de p.v.	120,0	117,0	138,0	141,0	-
Ganho médio diário ⁽³⁾	kg cab ⁻¹ dia ⁻¹	0,80	0,78	0,92	0,94	-
Carga animal ⁽³⁾	kg ha ⁻¹ dia ⁻¹	1003	1145	849	1122	-
Lotação na pastagem (inv.) ⁽³⁾	UBA ha ⁻¹	2,22	2,54	1,88	2,49	-
Total de animais	UBA	156	178	132	174	-

⁽¹⁾ALD: pastagens diversificadas (aveia preta, azevém anual, trevo branco e trevo vermelho) submetidas ao pastejo por animais leves (192±40,9 kg); APD: pastagens diversificadas submetidas ao pastejo por animais pesados (278±41,2 kg); ALP: pastagens puras (azevém anual) submetidas ao pastejo por animais leves; APP: pastagens puras submetidas ao pastejo por animais pesados.

⁽²⁾Dados experimentais. Fonte: SILVA et al., 2011b.

⁽³⁾Dados experimentais. Fonte: SILVA et al., 2011a.

⁽⁴⁾Dados históricos da região dos Campos Gerais do Estado do Paraná. Fonte: MOLIN (2008).

Tabela 2 – Composição do capital imobilizado total em terra, máquinas, implementos, benfeitorias e pastagens perenes - inventário da propriedade (em R\$)

Itens de investimento	Sistemas ILP ⁽¹⁾				Sistema
	ALD	APD	ALP	APP	Agrícola
Terra – 120 ha	1.487.632,80	1.487.632,80	1.487.632,80	1.487.632,80	1.487.632,80
Máquinas (Trator 85 CV)	103.288,00	103.288,00	103.288,00	103.288,00	103.288,00
Implementos	159.159,00	159.159,00	159.159,00	159.159,00	155.187,00
Benfeitorias	232.675,50	232.675,50	232.675,50	232.675,50	145.442,50
Pastagens perenes	28.449,00	28.449,00	28.449,00	28.449,00	-
Capital imobilizado total	2.011.204,30	2.011.204,30	2.011.204,30	2.011.204,30	1.891.550,30

⁽¹⁾ALD: pastagens diversificadas (aveia preta, azevém anual, trevo branco e trevo vermelho) submetidas ao pastejo por animais leves (192±40,9 kg); APD: pastagens diversificadas submetidas ao pastejo por animais pesados (278±41,2 kg); ALP: pastagens puras (azevém anual) submetidas ao pastejo por animais leves; APP: pastagens puras submetidas ao pastejo por animais pesados.

Tabela 3 – Composição dos custos totais de produção e resultados das atividades que compõem os sistemas de produção (R\$ ha⁻¹)

Discriminação	Sistemas ILP ⁽¹⁾				Sistema agrícola
	ALD	APD	ALP	APP	
SOJA – Produtividade (kg ha⁻¹)	3.738	3.526	3.862	3.895	3.775
Custo variável	1.198,71	1.188,12	1.204,87	1.206,51	1.199,23
Custo fixo	808,26	808,26	808,26	808,26	705,39
Custo total	2.006,97	1.996,38	2.013,13	2.014,77	1.904,62
Receita bruta	2.510,69	2.368,03	2.593,71	2.615,87	2.535,27
Margem bruta	1.311,98	1.179,91	1.388,84	1.409,36	1.336,04
Margem líquida	503,75	371,65	580,58	601,10	630,65
MILHO - Produtividade (kg ha⁻¹)	8.112	8.133	8.112	7.305	6.894
Custo variável	2.183,70	2.184,32	2.183,70	2.156,11	2.141,12
Custo fixo	793,00	793,00	793,00	793,00	690,13
Custo total	2.976,70	2.977,32	2.976,70	2.949,11	2.831,25
Receita bruta	2.491,74	2.497,27	2.491,74	2.242,93	2.119,45
Margem bruta	308,04	312,95	308,04	86,82	-21,67
Margem líquida	-484,96	-480,06	-484,96	-706,18	-711,80
TRIGO - Produtividade (kg ha⁻¹)					2.740
Custo variável	-	-	-	-	1.505,35
Custo fixo	-	-	-	-	705,48
Custo total	-	-	-	-	2.210,83
Receita bruta	-	-	-	-	1.359,76
Margem bruta	-	-	-	-	-145,59
Margem líquida	-	-	-	-	-851,07
Pastagem anual de inverno	Azevém+Aveia+Trevos		Azevém anual		Aveia cob.
Custo variável	760,27	760,27	724,27	724,27	217,98
Custo Fixo	261,62	261,62	261,62	261,62	228,50
Custo Total	1.021,89	1.021,89	985,89	985,89	446,48
Margem Bruta	-760,27	-760,27	-724,27	-724,27	-217,98
Margem líquida	-1.021,89	-1.021,89	-985,89	-985,89	-446,48
Novilhas Leiteiras (24 meses)					
Custo variável	1.903,42	2.172,89	1.611,17	2.129,24	-
Custo fixo	259,81	296,59	219,92	290,64	-
Custo total	2.163,23	2.469,49	1.831,09	2.419,88	-
Receita bruta	3.491,92	3.986,29	2.955,77	3.906,22	-
Margem bruta	1.588,51	1.813,40	1.344,61	1.776,97	-
Margem líquida	1.328,70	1.516,81	1.124,69	1.486,34	-

⁽¹⁾ALD: pastagens diversificadas (aveia preta, azevém anual, trevo branco e trevo vermelho) submetidas ao pastejo por animais leves (192±40,9 kg); APD: pastagens diversificadas submetidas ao pastejo por animais pesados (278±41,2 kg); ALP: pastagens puras (azevém anual) submetidas ao pastejo por animais leves; APP: pastagens puras submetidas ao pastejo por animais pesados.

Tabela 4 – Custos (R\$), receitas (R\$), margens dos sistemas de produção (R\$), Valor Presente Líquido (R\$, 6% ao ano) e TIR (%).

Discriminação	Sistemas ILP ⁽¹⁾				Sistema Agrícola
	ALD	APD	ALP	APP	
Custo variável	293.317,94	311.701,20	270.628,17	306.327,38	215.955,36
Custo Fixo	92.722,77	95.297,56	89.930,39	94.880,52	108.764,28
Custo Total	386.040,72	406.998,76	360.558,56	401.207,90	324.719,63
Receita Bruta	419.741,23	447.813,63	386.087,84	447.856,83	284.960,40
Margem Bruta	126.423,28	136.112,43	115.459,67	141.529,44	69.005,04
Margem líquida	33.700,51	40.814,87	25.529,27	46.648,92	-39.759,23
VPL a 6% a.a.	-199.318,03	-159.270,15	-244.940,88	-131.597,11	-374.737,21
TIR (%)	4,1	4,5	3,6	4,8	1,8

⁽¹⁾ALD: pastagens diversificadas (aveia preta, azevém anual, trevo branco e trevo vermelho) submetidas ao pastejo por animais leves (192±40,9 kg); APD: pastagens diversificadas submetidas ao pastejo por animais pesados (278±41,2 kg); ALP: pastagens puras (azevém anual) submetidas ao pastejo por animais leves; APP: pastagens puras submetidas ao pastejo por animais pesados

Tabela 5 – Estimativa dos saldos devidos à implantação dos Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária⁽¹⁾, ALD, APD, ALP e APP (em R\$), considerando uma propriedade de 100 ha.

Saldo/ Anos	0	1	2	3	4	5	6
(I) Saldo anual com o projeto ALD	-2.193.808	120.350	120.350	120.350	120.350	120.350	2.110.092
(II) Saldo anual no sistema Agrícola	-1.891.550	73.343	73.343	73.343	73.343	73.343	1.814.795
(III) SaldoAnual devido ao projeto ALD	-302.258	47.007	47.007	47.007	47.007	47.007	295.297
(I) Saldo anual com o projeto APD	-2.219.560	130.039	130.039	130.039	130.039	130.039	2.145.533
(II) Saldo anual no sistema Agrícola	-1.891.550	73.343	73.343	73.343	73.343	73.343	1.814.795
(III) SaldoAnual devido ao projeto APD	-328.010	56.696	56.696	56.696	56.696	56.696	330.738
(I) Saldo anual com o projeto ALP	-2.165.715	109.386	109.386	109.386	109.386	109.386	2.071.035
(II) Saldo anual no sistema Agrícola	-1.891.550	73.343	73.343	73.343	73.343	73.343	1.814.795
(III) SaldoAnual devido ao projeto ALP	-274.165	36.043	36.043	36.043	36.043	36.043	256.240
(I) Saldo anual com o projeto APP	-2.216.048	135.456	135.456	135.456	135.456	135.456	2.147.438
(II) Saldo anual no sistema Agrícola	-1.891.550	73.343	73.343	73.343	73.343	73.343	1.814.795
(III) SaldoAnual devido ao projeto APP	-324.498	62.113	62.113	62.113	62.113	62.113	332.643

⁽¹⁾ALD: pastagens diversificadas (aveia preta, azevém anual, trevo branco e trevo vermelho) submetidas ao pastejo por animais leves (192±40,9 kg); APD: pastagens diversificadas submetidas ao pastejo por animais pesados (278±41,2 kg); ALP: pastagens puras (azevém anual) submetidas ao pastejo por animais leves; APP: pastagens puras submetidas ao pastejo por animais pesados.

Tabela 6 – Análise econômica: saldo real devido à implantação dos Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária⁽¹⁾, ALD, APD, ALP e APP (em R\$); valor presente líquido (VPL) a 6% a.a. (ao ano); e taxa de retorno de Fischer (%), considerando uma propriedade de 100 ha.

Saldo/ Anos	0	1	2	3	4	5	6
Saldo real devido à implantação do projeto	-302.258	44.346	41.838	39.467	37.233	35.126	208.172
ALD							
VPL a 6% a.a.	103.924						
Taxa de retorno de Fischer	13,4%						
Saldo real devido à implantação do projeto	-328.010	53.487	50.459	47.603	44.908	42.366	233.157
APD							
VPL a 6% a.a.	143.972						
Taxa de retorno de Fischer	15,4 %						
Saldo real devido à implantação do projeto	-274.165	34.003	32.078	30.262	28.549	26.933	180.639
ALP							
VPL a 6% a.a.	58.302						
Taxa de retorno de Fischer	10,6 %						
Saldo real devido à implantação do projeto	-324.498	58.597	55.280	52.151	49.199	46.414	234.500
APP							
VPL a 6% a.a.	171.645						
Taxa de retorno de Fischer	17,4 %						

⁽¹⁾ALD: pastagens diversificadas (aveia preta, azevém anual, trevo branco e trevo vermelho) submetidas ao pastejo por animais leves (192±40,9 kg); APD: pastagens diversificadas submetidas ao pastejo por animais pesados (278±41,2 kg); ALP: pastagens puras (azevém anual) submetidas ao pastejo por animais leves; APP: pastagens puras submetidas ao pastejo por animais pesados.

8. CONCLUSÕES GERAIS

Os resultados mostraram a viabilidade da recria de novilhas leiteiras na fase pastagem no sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) sob sistema de plantio direto (SPD). Pastagens puras de azevém possibilitam maior ganho médio diário de novilhas em recria do que pastagens de azevém anual consorciadas com aveia preta, trevo branco e trevo vermelho.

O desempenho por unidade de área depende da categoria animal, sendo que novilhas leves têm melhor desempenho em pastagens puras de azevém, enquanto novilhas pesadas têm melhor desempenho em pastagens consorciadas.

Em relação à produção de grãos, soja e milho, observamos que as combinações de pastagens (puras e diversificadas) e categorias animais (leves e pesados), na presença e ausência de pastejo, não alteraram o rendimento e o peso de mil sementes de soja. Na cultura do milho, as combinações de pastagens e categorias animais não afetaram os atributos população de plantas, rendimento e percentual de grãos ardidos. O pastejo animal, durante o inverno, apesar de ter proporcionado ligeira diminuição no peso de mil sementes de milho, ocasionou aumento tanto da população de plantas quanto do rendimento de grãos.

Após 21 meses de integração lavoura-pecuária, sob plantio direto, concluímos que o pastejo de novilhas leiteiras em larga escala durante o inverno, não afetou negativamente a qualidade química e física do solo, bem como a disponibilidade de nutrientes.

As combinações de pastagens (puras e diversificadas) e categorias animais (leves e pesados) não alteraram as concentrações de carbono orgânico total e nitrogênio total, mas influenciaram os atributos acidez do solo e cátions trocáveis. A utilização de pastagens puras favoreceu a acidificação do solo, enquanto que o emprego de pastagens diversificadas contribuiu para que o processo de acidificação do solo se tornasse mais lento.

Com o emprego de animais pesados, a utilização de pastagens diversificadas foi mais vantajosa por ter proporcionado menor densidade do solo, decorrente de maior quantidade de macroporos. Independentemente da utilização de pastagens

puras ou diversificadas e de animais leves ou pesados, as alterações nos atributos físicos do solo não atingiram, em curto prazo (21 meses de estudo), níveis críticos de manejo.

O sistema integração lavoura-pecuária com a recria de novilhas leiteiras em pastagens anuais de inverno, em substituição ao cultivo de cereais de inverno e culturas de cobertura de solo é uma alternativa rentável aos produtores. Os resultados econômicos do sistema de integração lavoura-pecuária mostram ser a recria de novilhas leiteiras em pastagens anuais de inverno uma atividade compensadora e que responde positivamente aos investimentos em tecnologia.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostraram a viabilidade da recria de novilhas leiteiras na fase pastagem do sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) sob sistema de plantio direto (SPD). Animais mantidos em pastagem pura de azevém anual apresentaram um ganho médio diário (GMD) superior ($0,93 \pm 0,032$ kg cab.⁻¹dia⁻¹) aos animais mantidos em pastagem diversificada composta de azevém, aveia, trevo branco e trevo vermelho ($0,79 \pm 0,032$ kg cab.⁻¹dia⁻¹).

A produção de grãos na integração lavoura-pecuária, sob plantio direto, mostrou-se uma estratégia viável, possibilitando a maximização do rendimento das áreas e aumento da lucratividade dos sistemas agropecuários. As pastagens, empregando-se adequada estratégia de manejo, proporcionaram GMD adequados para os animais testados (leves e pesados), além de proporcionar a manutenção de fitomassa residual de 2.721 kg ha⁻¹, em média, quantidade adequada para o sistema de produção adotado, sem afetar o rendimento das culturas subsequentes produtoras de grãos.

No curto prazo o pisoteio animal ocasionou alterações na densidade do solo que não tiveram implicações práticas, pois o valor máximo observado está abaixo do nível crítico para o desenvolvimento das raízes. Os elevados teores de COT, associados com adequadas estratégias de sucessão de culturas e manejo de forragem e animais, não resultaram em valores críticos de densidade para as camadas avaliadas. Esses resultados mostram que o manejo correto da pastagem

constitui-se em fator-chave para o sucesso do sistema de ILP, quebrando, de certa forma, o paradigma de que o pastejo animal compacta a camada superficial do solo.

Além de não termos observado alterações importantes nos atributos físicos do solo (densidade e porosidade total), o pastejo animal no inverno não afetou o rendimento da soja, e ocasionou aumento tanto da população de plantas quanto do rendimento de grãos de milho, desmistificando o paradigma de que a presença de animais em áreas de lavoura é prejudicial à cultura subsequente. Contudo, para que estes sistemas expressem todo o seu potencial, algumas práticas devem ser consideradas, como rotação de culturas, plantio direto, correção da acidez e da fertilidade do solo, emprego de genótipos melhorados e manejo correto da pastagem, com carga animal adequada.

Novos trabalhos devem ser conduzidos, na mesma linha de investigação, com o objetivo de melhor entendimento dos efeitos que possam ocorrer com o uso de pastagens diversificadas e diferentes categorias animais sobre os atributos químicos e físicos do solo no longo prazo. Além destes atributos, variáveis relacionadas à biologia do solo devem ser mais estudadas, correlacionando estes efeitos com os atributos químicos e físicos no longo prazo.

Entendemos que o tempo de avaliação experimental se mostrou curto, principalmente para avaliar os efeitos do pastejo animal nos atributos químicos e físicos do solo. Novos estudos devem ser conduzidos com avaliação no longo prazo, considerando a possibilidade de novas avaliações, como por exemplo, avaliações do estado nutricional das plantas através de diagnose foliar.

Os trevos apresentaram baixa participação na composição botânica da pastagem, com média de 5,07% e 7,33%, em 2008 e 2009, respectivamente (Anexo). Isto pode ter ocorrido devido à baixa germinação e reduzida velocidade de crescimento inicial, diminuindo sua habilidade em competir com a aveia preta e azevém anual. Esta baixa participação dos trevos comprometeu os objetivos iniciais do trabalho de avaliar o desempenho animal, rendimento de grãos e efeitos nos principais atributos químicos e físicos do solo, após pastagens anuais de inverno, puras ou diversificadas, em sistemas de ILP.

Análises econômicas de curto prazo podem apresentar resultados comprometidos com conjunturas econômicas momentâneas. Novos estudos nesta linha são recomendáveis com sistemas que contemplem animais em pastejo, na

integração lavoura-pecuária, em pastagens anuais de inverno, como observado neste estudo, e em pastagens perenes de verão, completando todo o ciclo de recria dos animais.

O cultivo de pastagens anuais durante o inverno para a recria de novilhas leiteiras, em sistemas de integração lavoura-pecuária, sob plantio direto, é uma alternativa viável economicamente, em substituição ao cultivo de cereais de inverno ou culturas de cobertura de solo. Portanto, esta alternativa, em áreas subutilizadas representa uma oportunidade de negócio aos agricultores, os quais poderiam recriar novilhas leiteiras de reposição através da produção intensiva de forragens, gerando maior renda por área.

10. REFERÊNCIAS

ANGHINONI, I.; MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; SOUZA, E.D.; CONTE, O.; LANG, C.R. Benefícios da integração lavoura-pecuária sobre a fertilidade do solo em sistema plantio direto. In: DA FONSECA, A.F.; CAIRES, E.F.; BARTH, G. (Ed.) **Fertilidade do solo e nutrição de plantas no sistema plantio direto**. Impag / Associação dos Engenheiros Agrônomos dos Campos Gerais: Ponta Grossa, PR, 2011. p.273-309.

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**, v.33, n.1, p.37-44, 2004.

ASSMANN, T. S.; RONZELLI JR., 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**, v.27, n.4, p.675-683, 2003.

BALBINOT JR., A.A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v.39, n.6, p-1925-1933, 2009.

CERRI, C. C. et al. Review: Greenhouse gas mitigation options in Brazil for land-use change, livestock and agriculture. **Scientia Agrícola**, v.67, n.1, p.102-116, 2010.

FONTANELI, R. S. I. Rendimento e nodulação de soja em diferentes rotações de espécies anuais de inverno sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.2, p.349-355, 2000.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; MORI, C. Lucratividade e risco de produção de grãos com pastagens, sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.36, n.1, p.51-57, 2006.

HEINRICHS, A.J. Raising replacement heifers to meet the needs of the 21st century. **Journal Dairy Science**, v.76, p.3179-3187, 1993.

LANDERS, J. N. Tropical crop-livestock systems in conservation agriculture. The Brazilian experience. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 2007. 95 p.

MACARI, S. et al. Avaliação da mistura de cultivares de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) com azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) sob pastejo. **Ciência Rural**, v.36, n.3, p.910-915, 2006.

MARCHEZAN, E.; VIZZOTTO, V.R.; ROCHA, M.G.; MOOJEN, E.L.; SILVA, J.H.S. Produção animal em várzea sistematizada cultivada com forrageiras de estação fria submetidas a diferentes níveis de adubação. **Ciência Rural**, v.32, n.2, p.303-308, 2002.

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, 2006.

RESTLE, J.; ROSO, C.; SOARES, A.B.; LUPATINI, G.C.; ALVES FILHO, D.C.; BRONDANI, I.L. Produtividade animal e retorno econômico em pastagem de aveia preta mais azevém adubada com fontes de nitrogênio em cobertura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, n. 29, p.357-364, 2000.

SANDERSON, M.A.; SKINNER, R.H.; BARKER, D.J.; EDWARDS, G.R.; TRACY, B.F.; WEDIN, D.A. Plant Species Diversity and Management of Temperate Forage and Grazing Land Ecosystems. **Crop Science**, v.44, p.1132-1144, 2004.

SMITH, R.G.; GROSS, K.L.; ROBERTSON, G.P. Effects of Crop Diversity on Agroecosystem Function: Crop Yield Response. **Ecosystems**, v.11, p.355-366, 2008.

SLEUGH, B.; MOORE, K.J.; GEORGE, J.R.; BRUMMER, E.C. Binary Legume-Grass Mixtures Improve Forage Yield, Quality, and Seasonal Distribution. **Agronomy Journal**, v.92, p.24-29, 2000.

SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO PARANÁ (SEAB-
DERAL). Comparativo de área, produção e produtividade no Paraná nas safras
08/09 e 09/10. Disponível em :
<http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/pss.xls#Paraná!A1>. Acesso em 30 de
novembro de 2010.

SILVA, H. A.; KOEHLER, H.S.; MORAES, A.; GUIMARÃES, V.D.G.; HACK, E.;
CARVALHO, P.C.F. Análise da viabilidade econômica da produção de leite a pasto e
com suplementos na região dos Campos Gerais, Paraná. **Ciência Rural**, v.38, p.
445-450, 2008.

ANEXO

ANEXO – Composição botânica da pastagem anual de inverno diversificada (*Lolium multiflorum*, *Avena strigosa*, *Trifolium repens* e *Trifolium pratense*) em 2008⁽¹⁾ e 2009⁽²⁾.

	Piquete	2008			2009		
		Azevém	Aveia	Trevos	Azevém	Aveia	Trevos
		%					
C1	1	81,67	12,50	5,83	67,67	23,16	9,17
	3	75,20	20,30	4,50	63,50	27,80	8,70
	5	72,40	24,80	2,80	66,20	25,80	8,00
	Média	76,42	19,20	4,38	65,79	25,59	8,62
C2	2	79,20	15,80	5,00	70,20	22,80	7,00
	4	79,70	15,60	4,70	65,50	25,20	9,30
	6	75,70	18,80	5,50	71,30	23,00	5,70
	Média	78,20	16,73	5,07	69,00	23,67	7,33

C1: pastagens diversificadas (aveia preta, azevém anual, trevo branco e trevo vermelho) submetidas ao pastejo por animais leves (192±40,9 kg); C2: pastagens diversificadas submetidas ao pastejo por animais pesados (278±41,2 kg).

¹ coleta realizada no dia 03/11/2008

² coleta realizada no dia 27/10/2009.