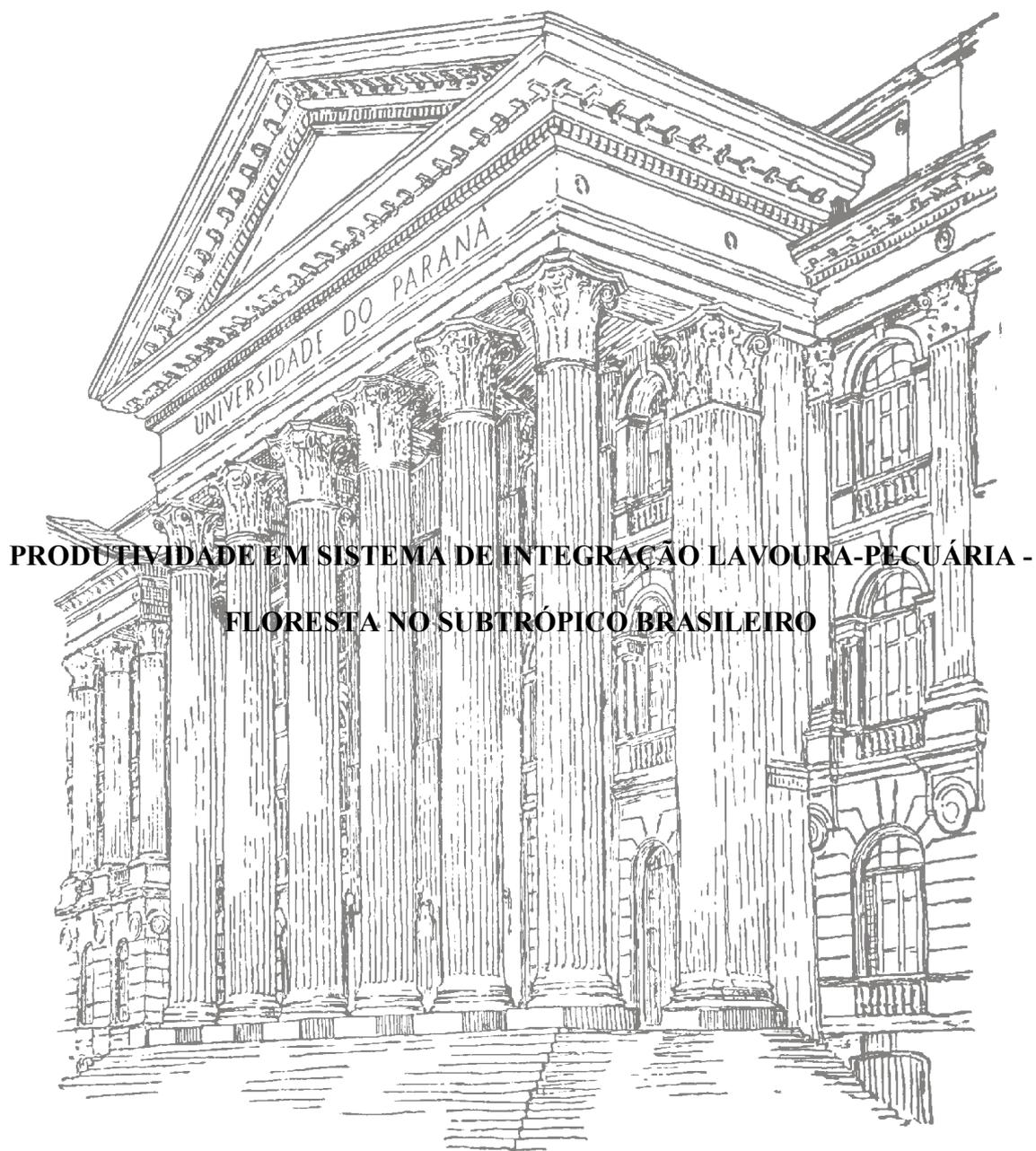


VANDERLEY PORFÍRIO-DA-SILVA



**PRODUTIVIDADE EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA -
FLORESTA NO SUBTRÓPICO BRASILEIRO**

CURITIBA

Estado do Paraná – Brasil

Fev – 2012

VANDERLEY PORFÍRIO-DA-SILVA

Engenheiro Agrônomo (UEPG)
MSc. Agroecossistemas (UFSC)

**PRODUTIVIDADE EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA -
FLORESTA NO SUBTRÓPICO BRASILEIRO.**

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 Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Aníbal de Moraes

CURITIBA

Estado do Paraná – Brasil

Fev – 2012



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
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 **VANDERLEY PORFIRIO DA SILVA**, sob o título "**PRODUTIVIDADE EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NO SUBTRÓPICO BRASILEIRO**", 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, 28 de Fevereiro de 2012.

Professora Dra. Louise Larissa May De Mio
Coordenadora do Programa

Dr. Edilson Batista da Silveira
Primeiro Examinador

Professor Dr. Jeferson Dieckow
Segundo Examinador

Dra. Raquel Santiago Barro
Terceira Examinadora

Professor Dr. Adelino Pelissari
Quarto Examinador

Professor Dr. Anibal de Moraes
Presidente da Banca e Orientador

Ao Aprendizado...

DEDICO.

AGRADECIMENTO

A DEUS, pela Vida e saúde.

À minha mãe, Arlete, e meu pai, Valentim, pelo incentivo ao bem fazer.

À minha esposa Luciane, e meus filhos Fernanda, Julia e Pedro, pelo amor, compreensão e tolerância durante esta etapa da minha vida.

Ao professor Anibal de Moraes, meu orientador, e aos demais membros do comitê de orientação, professor Adelino Pelissari, professor Jeferson Dieckow, e o pesquisador Edilson Batista de Oliveira, pela orientação, amizade, confiança e ensinamentos com que me brindaram ao longo desse período.

Ao amigo, pesquisador Dr. Moacir José Sales Medrado, pelo apoio e incentivo.

Aos colegas pesquisadores do IAPAR, Dr. José Luiz Moletta, Dra. Laise da Silveira Pontes, pelo apoio material e intelectual que me foi franqueado para a construção da área experimental e realização dos trabalhos de campo.

À todos os Professores que contribuíram para minha formação pessoal e profissional.

Aos funcionários e estagiários técnico-administrativos da Estação Experimental Fazenda Modelo do IAPAR em Ponta Grossa-PR, pelo apoio nos trabalhos a campo e amizade construída.

À todos os empregados da Embrapa Florestas pela gentileza, cooperação e solidariedade durante esta etapa profissional

A todos os funcionários e estagiários do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, assim como aos da Coordenação da Pós-graduação em Agronomia/Produção Vegetal da UFPR, pelo espírito gentil e cooperativo.

Aos colegas do curso de pós-graduação, pelo espírito investigativo e solidário compartilhado durante o convívio nas salas de aula.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA -, pela possibilidade de aperfeiçoamento profissional e pessoal.

À parceria institucional entre o Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisas de Florestas e Universidade Federal do Paraná, que proporcionou infraestrutura e recursos para o estabelecimento da área experimental.

À FINEP e CNPq, pelo apoio suplementar em atividades realizadas.

Mostrai-me, ó Senhor, teus caminhos, /tua verdade me oriente e me conduza!

(Salmo Responsorial, 24/25)

BIOGRAFIA DO AUTOR

VANDERLEY PORFÍRIO-DA-SILVA, filho de Valentim Porfírio da Silva e Arlete Severo Porfírio da Silva, nasceu em Jesuítas, Estado do Paraná, em 09 de outubro de 1964. É casado com Luciane Curtes Porfírio da Silva e pai da Fernanda, da Julia e do Pedro.

Cursou o segundo grau no Colégio La Salle em Toledo, Estado do Paraná. E em 1991 recebeu o grau de Engenheiro Agrônomo, conferido pela Universidade Estadual de Ponta Grossa, no Estado do Paraná.

Ingressou como Extensionista Rural na EMATER-PR em 1992, atuando como extensionista municipal até 1996. Foi bolsista de pós graduação pela EMATER-PR, e em novembro de 1999, defendeu dissertação de mestrado em Agroecossistemas, área de concentração em Sistemas de Produção Agroecológicos na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), com o trabalho intitulado “Modificações microclimáticas em sistema silvipastoril com *Grevillea robusta* na Região Noroeste do Paraná”. Posteriormente atuou como coordenador estadual do projeto institucional Madeira-PR, voltado para a introdução do componente florestal madeireiro nos sistemas convencionais de produção agropecuária, até o ano de 2003, quando ingressou na EMBRAPA como pesquisador em sistemas agrossilvipastoris junto ao Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

Em março de 2008 iniciou o curso de Doutorado em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, no Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná (UFPR), concluindo em fevereiro de 2012, com a apresentação da tese “Produtividade de sistemas em integração lavoura-pecuária-floresta no subtropical brasileiro”.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. Resumo | 1 |
| 2. Abstract..... | 2 |
| 3. Introdução Geral | 4 |
| 3.1. Hipótese | 7 |
| 3.2. Objetivo Geral | 8 |
| 3.2.1. Objetivos Específicos | 8 |
| 4. Referências Bibliográficas..... | 8 |
| | |
| 5. Capítulo I - Danos causados por bovinos em diferentes espécies arbóreas em sistemas silvipastoris..... | 12 |
| Resumo | 12 |
| Abstract..... | 12 |
| Introdução..... | 13 |
| Material e Métodos..... | 17 |
| Resultados e Discussão..... | 20 |
| Conclusões..... | 26 |
| Referências Bibliográficas..... | 26 |
| | |
| 6. Capítulo II - Produtividade do milho em um sistema silviagrícola nos Campos Gerais, PR. 37 | |
| Resumo | 37 |
| Abstract..... | 38 |
| Introdução..... | 38 |
| Material e Métodos..... | 39 |
| Resultados e Discussão..... | 42 |
| Agradecimentos | 45 |
| Conclusões..... | 45 |
| Referências Bibliográficas..... | 46 |
| | |
| 7. Capítulo III - Desempenho de bovinos de corte em pastagens anuais de inverno sob sistemas de integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta | 53 |
| Resumo – | 53 |
| Abstract..... | 53 |
| Introdução..... | 54 |
| Material e Métodos..... | 57 |
| Resultados e Discussão..... | 62 |
| Conclusão | 66 |
| Referências bibliográficas | 66 |
| | |
| 8. Capítulo IV - produtividade e componentes de rendimento da soja em sistema de integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta | 83 |
| Resumo | 83 |

| | |
|-----------------------------|-----|
| Abstract..... | 84 |
| Introdução..... | 84 |
| Material e Métodos..... | 86 |
| Resultados e Discussão..... | 90 |
| Conclusões..... | 93 |
| Agradecimentos..... | 93 |
| Referências..... | 93 |
| 9.Considerações Finais..... | 104 |
| 10.Apêndices..... | 106 |

PRODUTIVIDADE EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NO SUBTRÓPICO BRASILEIRO.¹

Autor: Vanderley Porfírio-da-Silva²

Orientador: Anibal de Moraes³

1. RESUMO

O crescimento de árvores em meio a cultivos agrícolas e forrageiros traz, intuitivamente, alguns questionamentos sobre a combinação entre componentes tão distintos. O objetivo deste estudo foi avaliar a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) como alternativa para a intensificação sustentável do uso da terra na condição subtropical brasileira. Foram avaliados: o rendimento de grãos e de forrageiras de inverno semeados entre renques arbóreos; o comportamento e impacto do gado em relação às árvores; o incremento de madeira em adição ao rendimento de grãos, forragem e de ganho animal, tendo como testemunha o sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) que é, reconhecidamente, uma estratégia de produção viável, econômica e ambientalmente equilibrada. Aos 29 meses de idade das árvores, a produtividade do milho não diferiu entre os dois sistemas ($P>0,05$), com média geral de $4,1 \pm 0,3 \text{ ton ha}^{-1}$, e com a ILPF acumulando $1,03 \text{ m}^3$ de madeira de eucalipto por hectare durante a safra do milho. A primeira interação entre árvores e gado deu-se aos 41 meses de idade das árvores, as três espécies arbóreas plantadas (*Schinus terebinthifolius*, *Grevillea robusta* e *Eucalyptus dunnii*) apresentavam-se com DAP de 5 cm, 6 cm e 16 cm e altura de 3,5 m, 4,5 m e 9,5 m, respectivamente; todas as espécies sofreram danos ocasionados pelo gado; devido à incidência e intensidade de danos, a *S. terebinthifolius* não pode ser indicada para obtenção de produtos florestais na ILPF, a *G. robusta* e o *E. dunnii* podem compor sistemas de ILPF. Com as árvores nas idades entre 47 e 50 meses, e entre 59 e 63 meses, foram avaliadas a produção de forragem hiberna e o desempenho animal em pastejo. A produção média de forragem foi diferente ($P<0,05$), com $2,52 \text{ ton MS ha}^{-1}$ para a ILP e $2,21 \text{ ton MS ha}^{-1}$ para a ILPF. O desempenho animal, em ganho médio diário (GMD) de peso e ganho por unidade de área (Gha), não foram diferentes ($P>0,05$) entre os dois sistemas, com valores médios de $0,86 \pm 0,31 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ e $440,6 \pm 75,9 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente para GMD e Gha. O incremento de madeira nas fases pastoris da ILPF foi de $2,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ em 2010 e $4,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ em 2011. A adubação da pastagem de inverno aliada a manutenção da altura de pastejo em 20 cm, foi fundamental para a produção animal e estratégico para a semeadura direta da lavoura de verão, ao garantirem a produção de palha. A produtividade da lavoura de soja na ILPF, avaliada aos 56 meses de idade das árvores, foi de $3,7 \text{ ton de grãos ha}^{-1}$ (19 % menor do que na ILP). O incremento de madeira da ILPF durante a lavoura de soja foi de $6,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. A integração lavoura-pecuária-floresta foi favorável ao rendimento de lavouras sob condições climáticas de estresse hídrico (lavoura de milho), mas não apresentou efeito positivo sob condições de normalidade climática (lavoura de soja), e não teve efeito deletério sobre a produção animal. A interação gado x árvore é determinante na escolha de espécies arbóreas para compor o sistema ILPF. A causalidade dos efeitos avaliados nesta pesquisa quer sejam s

¹ Tese apresentada ao Curso de Pós-graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, UFPR

² Eng. Agr., MSc., Pesquisador da Embrapa Florestas

³ Eng. Agr., Dr. Professor da UFPR

originados da interação entre os componentes da ILPF, quer sejam oriundos da manipulação (adubação, desramas, desbastes, lotação animal, população e densidade de plantas dos cultivos anuais, entre outros) merece mais estudos, especialmente porque as árvores crescem por muitos anos, alterando a magnitude e direção de sua influência sobre os demais componentes.

Palavras-chave: agrossilvipastoril; eucalipto; *Schinus*; *Grevillea*; pastagem de anual inverno;

PRODUCTIVITY IN INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FORESTRY SYSTEMS IN THE SUBBTROPICAL BRAZIL.

Author: Vanderley Porfírio-da-Silva²

Adviser: Anibal de Moraes³

2. ABSTRACT

The growth of trees in the midst of forage crops and brings intuitively, some questions about the combination of such different components. The objective of this study was to evaluate an integrated crop-livestock-forestry (ICLF) system as an alternative for sustainable intensification of land use in Brazilian subtropical conditions. Were evaluated: grain yield and forage winter sown between rows of trees, the behavior and impact of cattle in relation to trees: the increment of wood in addition to grain yield, fodder and animal gain, with the crop-livestock system as the point balance, since it is a productive strategy viable, economical and environmentally balanced. At 29 months old of trees, corn yield did not differ between the two systems ($P > 0.05$), with overall average of $4.1 \pm 0.3 \text{ ton ha}^{-1}$, and accumulating ICLF 1.03 m^3 wood per hectare during the corn cultivation. The first interaction between trees and livestock was estimated at 41 months old of trees, the three species of trees (*Schinus terebinthifolius*, *Grevillea robusta* and *Eucalyptus dunnii*) presented with a DBH of 5 cm to 16 cm and a height of 3.5 m to 9.5 m; all species have damage caused by cattle, due to the incidence and severity of damage, *S. terebinthifolius* may not be suitable for obtaining forest products in ICLF, *G. robusta* and *E. dunnii* can compose ILPF systems. When the trees were between 47 and 50 months old, and between 59 and 63 months old, was evaluated winter forage production and animal performance on pasture. Animal performance in average daily gain (ADG) and weight gain per unit area (WG) was not different ($P > 0.05$) between two systems, with average values of $0.86 \pm 0.31 \text{ kg ha}^{-1} \text{ day}^{-1}$ and $440.6 \pm 75.9 \text{ kg ha}^{-1}$, respectively for ADG and WG; forage production was different ($P < 0.05$), with $2.52 \text{ ton DM ha}^{-1}$ for ICL and $2.21 \text{ ton DM ha}^{-1}$ for ICLF. The wood increment during the grazing was 2.9 m^3 in 2010 and 4.2 m^3 in 2011. Soybean yield, evaluated at 56 months old of the trees was 19% lower ICLF with 3.73 ton ha^{-1} . The increase of wood during the soybean crop was $6.6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. The fertilization of winter pastures along with the maintenance of grazing height of 20 cm, was essential for animal production and strategic for sowing without tillage for summer crops. The integrated crop-livestock-forestry was favorable to the yield of crops under climatic conditions of water stress (maize crop), but showed no positive effect on normal weather conditions (soybean crop), and had no detrimental effect on animal production. The interaction cattle x tree is a determinant in the choice of tree species to make a system ICLF. The causality of the effects that this study evaluated whether arising from the

interaction between the components of ICLF, whether from the manipulation (fertilization, pruning, thinning, stocking, population and plant density of annual crops, and others) deserves further study, especially as the trees grow for many years, changing the magnitude and direction of their influence on other components.

Key-words: agrosilvopasture, *eucalyptus*, *Schinus*, *Grevillea*, winter annual pasture agroforestry;

3. INTRODUÇÃO GERAL

As terras utilizadas para pastagens na região subtropical do Brasil estão sob condição climática que determina a estacionalidade na produção das forrageiras tropicais utilizadas, sendo agravada pela ocorrência de geadas e, ou, veranicos, na estação mais fria do ano, sendo que praticamente deixam de crescer. Tais características constituem importante problema para a pecuária dessa região e tem reflexos no desempenho animal.

Por outro lado, a atividade agrícola de grãos (lavouras) se concentra nos meses de outubro a março, e também está sujeita a frustrações de safras por eventos climáticos de estiagem, aumentando os riscos para a sustentabilidade econômica da propriedade rural nessa região.

Apesar disso, na região subtropical brasileira, é possível oferta abundante de forragem aos animais de rebanho nos meses de inverno quando as temperaturas inibem o crescimento de pastagens tropicais, por meio da formação de pastagens hibernais de aveia (*Avena* sp) e azevém (*Lolium multiflorum*) em áreas de cultivos agrícolas de verão, que de outra forma ficam sem rendimento durante o inverno, proporcionando a terminação e, ou, recria de bovinos (Silva et al., 2011; Rocha et al.; 2011) durante a entressafra, o que corrobora para melhoria de índices zootécnicos da pecuária nas condições subtropicais (Moraes et al., 2007). Ainda, segundo esses autores, quando o pastejo é corretamente conduzido, não compromete a formação de palha para o método de semeadura direta das lavouras de verão.

A perspectiva de se integrar a atividade pecuária, a atividade de lavouras de grãos a qual está sujeita a frustrações de safras por eventos climáticos, aumenta a sustentabilidade das propriedades rurais, que passam a utilizar mais eficientemente a terra e a depender menos do rendimento de determinada atividade (Balbinot Jr. et al., 2009; Fontaneli et al., 2006).

Na mesma lógica apontada por Balbinot Jr. (2009) para a utilização do cultivo de forrageiras de inverno como uma estratégia para a intensificação econômica de áreas agrícolas, quando faltam alternativas de cultivos economicamente viáveis durante o inverno, a inclusão de árvores pode constituir uma diversificação de produção da área que estará, concomitante com a produção agrícola e pastoril, produzindo madeira. Estimativas indicam que, até 2030, o consumo mundial de madeira em toras aumentará aproximadamente 60% em relação ao consumo atual e atingirá cerca de 2,4 milhões de m³ (FAO, 2002; UNECE & FAO, 2009). Segundo esses estudos, a pergunta fundamental não é se haverá madeira no futuro, mas sim de onde deverá vir, quem a produzirá e como deverá ser produzida?

O mercado interno brasileiro consome 13,5 milhões de m³ de madeira serrada oriunda de floresta natural (UNECE & FAO, 2009) e 65 milhões de m³ originados em florestas plantadas (ABRAF,2009). A estimativa da demanda de madeira no mercado interno é de que poderá atingir 300 milhões de m³ (AMS, 2005), o que significará plantar 2 a 2,5 vezes mais do que é plantado atualmente. A área de floresta plantadas para finalidade comercial de produtos, atualmente é de 1,33% da cobertura florestal total, ou seja, 6,97 milhões de hectares (0,82% do território brasileiro) (Anuário...2011).

Diante desse cenário torna-se interessante a possibilidade de introdução de árvores em sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP), especialmente em regiões tipicamente pecuárias, onde, “a agricultura entra como uma opção para o estabelecimento ou reforma de pastagens” (Moraes et al., 2007; Balbino et al., 2011). Assim, a utilização da agricultura no processo de recuperação da capacidade produtiva das áreas destinadas às pastagens possibilita controle de plantas indesejadas e adoção de fertilização de uma forma mais fácil, além da diversificação da renda das propriedades. Nessa fase, então, tem-se uma oportunidade estratégica para a conversão do sistema de pastagem solteira em pastagem arborizada.

Os sistemas silvipastoris, por meio das presença das árvores, apresentam potencial para aumentar e diversificar a oferta de forragem ao longo do ano, reduzir os danos causados por geadas e reduzir os extremos climáticos, que causam desconforto e prejudicam a produtividade e o desempenho reprodutivo dos animais, configurando assim melhorias no ambiente produtivo (Payne, 1995; Lin et al., 2001; Paciullo et al., 2009; Souza et al., 2010). A otimização do desempenho animal pode ser alcançado sem efeitos negativos sobre o crescimento da árvore, desde que práticas de manejo adequadas sejam adotadas, tais como a adequação da pressão de pastejo para maximizar o ganho médio diário e prevenir os riscos de danos às árvores (Garret et al., 2004).

A arborização de pastagens degradadas ou em degradação, por meio da agricultura de grãos, pode ser uma alternativa para reduzir custos com correção de solo (Dias-Filho, 2006) e do plantio de árvores. A presença de árvores adequadamente dispostas em área de pastagens proporciona melhoria nos índices de conforto térmico animal (Porfírio-da-Silva et al., 2001; Ferreira et al., 2010) influenciando positivamente o desempenho animal (Paciullo et al, 2009). Assim, os benefícios da arborização de pastagens, potencialmente, vão além ambiência animal, alguns desses são: agregação de renda; produção ambientalmente adequada, por exemplo, pela oportunidade de contribuir para a mitigação da emissão de gases de efeito

estufa (Leite et al., 2010; Tonucci et al., 2010) e melhoria da oportunidade de negócios para carne e leite produzidos a pasto.

A integração de árvores com pastagens e/ou com lavouras – ILPF ou agrossilvipastoril, é conceituada como o sistema que integra os componentes lavoura, pecuária e floresta, em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área. O componente lavoura pode, ou não, ficar restrito à fase de implantação do componente florestal (Balbino et al, 2011). De forma que, quando o sistema integra somente componentes pecuários e florestal em consórcio, configura-se a integração pecuária-floresta (silvipastoril); quando o sistema integra componentes florestal e agrícola pela consorciação de árvores com lavouras, esta configurada a integração lavoura-floresta (silviagrícola).

Ocorre que, quando da introdução do componente arbóreo no sistema ILP, tem-se a alternância, no tempo, das formas: silviagrícola, silvipastoril. Essa alternância de status do sistema configura um sistema agrossilvipastoril. Tais formas de uso da terra, conforme Macedo (2000) incluem em seus conceitos referenciais os principais elementos da sustentabilidade, ou seja, o econômico, o social e o ambiental.

Com mais de um estrato, mais de um componente vegetal e animal, tais modalidades de uso da terra são sistemas mais complexos do que um sistema de cultivo monoespecífico, com interações que variam no tempo e espaço. Tem sido postulado que uma gama de interações positivas e negativas têm lugar entre os componentes arbóreo e não-arbóreo nesses sistemas e que a direção e magnitude dessas interações são determinadas pelos padrões de partição de recursos (luz, água e nutrientes) e da escala de tempo em que esses padrões são medidos (Gillespie et al, 2000).

Sendo que o efeito de interação entre plantas pode ser positivo (favorecimento), neutro ou negativo (competição), e depende de diversos fatores ecológicos (Callaway & Walker, 1997), nas interações entre os componentes arbóreos e não-arbóreos de um sistema agrossilvipastoril, ou seja, de integração lavoura-pecuária-floresta, estes efeitos podem oscilar do favorecimento à competição, e vice-versa, com estágios interativos coexistindo no tempo e espaço (Anderson & Sinclair, 1993).

No entanto, a base de conhecimentos para a o entendimento e manejo de desse sistema ainda é limitada, particularmente para as condições de regiões subtropicais com ocorrência de geadas e verões quentes.

A introdução de árvores no sistema ILP traz algumas questões técnicas relativas ao quanto será a perda no rendimento de cultivos agrícolas entre árvores nas condições

subtropicais? E, se o crescimento das árvores compensa a perda (se houver) dos cultivos nas condições de subtropical?

Na fase silvipastoril, utilizando pastagens cultivadas no inverno, qual será o desempenho de animal em um ILPF nas condições subtropicais? O gado poderá exercer algum efeito sobre as árvores?

Dentro desse contexto, o escopo do presente estudo foi avaliar o impacto do gado sobre as árvores, o rendimento de cultivos de grãos e de forrageiras, semeados entre renques de árvores, bem como o incremento de madeira, nas condições edafoclimáticas subtropicais. Será apresentada na forma de 4 artigos que serão submetidos a periódicos científicos conforme descrição a seguir:

- a) Produtividade do milho em um sistema silviagrícola nos Campos Gerais, PR. Revista *Scientia Agraria*. Submetido, em avaliação.
- b) Danos provocados por bovinos em diferentes espécies arbóreas recomendadas para sistemas silvipastoris. *Damages caused by cattle on tree species different within silvopastoral systems*. Revista Pesquisa Florestal Brasileira (PFB). Aceito para publicação, ISSN 1983-2605, v.32, n. 70, (abr-jun) 2012.
- c) Desempenho de bovinos de corte em pastagens anuais de inverno sob sistema de integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta. *Performance of beef cattle in pastures of annual winter in integration systems crop-livestock integration and crop-livestock-forest*. Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB).
- d) Produção e componentes de rendimento da soja em sistema de integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta. Revista Ciência Rural.

3.1. HIPÓTESE

Desde que o efeito resultante da competição entre árvores e cultivos (lavoura e forrageiras) seja superado ou compensado pelo efeito de favorecimento que pode ser proporcionado pelo arranjo espacial das árvores em alamedas e com os cultivos em aléias protegidas pelos renques arbóreos, a presença de árvores será positiva para a produtividade de lavouras e forrageiras e para o desempenho animal.

Se o efeito resultante da competição entre árvores e cultivos (lavoura e forrageiras) traduzir-se em diferenças na produtividade destes, então existirão diferenças em relação à localização e proximidade com o renque arbóreo, porque tal efeito é dependente da proximidade espacial entre os componentes.

3.2. OBJETIVO GERAL

Avaliar a integração lavoura-pecuária-floresta como uma alternativa para a intensificação sustentável de uso da terra nas condições edafoclimáticas subtropicais.

3.2.1. Objetivos Específicos

Avaliar a resposta comportamental do gado em relação às árvores.

Detectar efeitos resultantes da interação árvore x lavouras mediante a avaliação da variação espacial da produtividade dos cultivos.

Comparar o desempenho animal e a produção forrageira durante a fase pastoril dos sistemas de ILP e ILPF.

Determinar o rendimento da lavoura de soja na ILPF e possíveis gradientes de resposta da produtividade em relação a proximidade da linha de árvores.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF–Associação Brasileira de Produtores de Florestas. **Anuário Estatístico da ABRAF**: ano base 2008. Brasília: ABRAF, 2009. 120p. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF09-BR.pdf>> Acesso em 29 de setembro de 2009.

AMS-Associação Mineira de Silvicultura. Perspectivas e tendências do abastecimento de madeira para a indústria de base florestal no Brasil. Belo Horizonte: MAS, 2005, 12p. Disponível em <http://www.silviminas.com.br/Publicacao/Arquivos/publicacao_131.pdf> Acesso em 29 de setembro de 2009.

ANDERSON, L. S.; SINCLAIR, F. L. Ecological interactions in agroforestry systems. **Agroforestry Abstracts**, v.6 , n. 2, p. 57-91 1993.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A.M.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MARTINEZ, G.B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELLI, R. S.; SANTOS, H. P.; FRANCHINI, J.C.; GALERANI, P.R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, Out. 2011 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-

204X2011001000001&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 05 Dez. 2011.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000001>.

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.

CALLAWAY, R. M.; WALKER, L. R. Competition and facilitation: A synthetic approach to interactions in plant communities. **Ecology**, v. 78, n. 7, p.1958-1965, 1997.

DIAS-FILHO, M.B. **Degradação de pastagens**: processos, causas e estratégias de recuperação. 3.ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007. 190p.

FAO. **Agricultura mundial**: hacia los años 2015/2030. Roma: FAO, 2002. (Informe resumido).

FERREIRA, L. C. B. **Respostas fisiológicas e comportamentais de bovinos submetidos a diferentes ofertas de sombra**. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. 88f

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.

GARRET, H. E.; KERLEY, M. S.; LADYMAN, K. P.; WALTER, W. D.; GODSEY, L. D.; VAN SAMBEEK, J. W. Hardwood silvopasture management in North America. **Agroforestry Systems**, **61**, Netherlands, 2004. 21-33.

GILLESPIE, A. R.; JOSE, S.; MENGEL, D. B.; HOOVER, W. L.; POPE, P. E.; SEIFERT, J.R., BIEHLE, D.J.,STALL, T.; BENJAMIN, T. J. Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the mid-western USA: 1. Production physiology. **Agroforestry Systems**, n. 48, p. 25-40. 2000.

LEITE, L. F. C.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MADARI, B. E.; MACHADO, P. L. O. A.; BARCELLOS, A. O.; BALBINO, L. C. O potencial de sequestro de carbono em sistemas de produção integrados: integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF). In: ENCONTRO

NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 12., 2010. Foz do Iguaçu. **Anais...** Ponta Grossa: FEBRAPDP, 2010. p.69-76.

LIN, C.H.; MCGRAW, R.L.; GEORGE, M.F. et al. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forages species with agroforestry potential. **Agroforestry Systems**, v.59, p.269-281, 2001.

MACEDO, R. L. G. Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais. Lavras, UFLA/FAEPE, 2000. 157p.

MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; PELISSARI, A.; ALVES, J. S.; LANG, C. R. Sistemas de integração lavoura-pecuária no Subtropical da América do Sul: Exemplos do Sul do Brasil. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUARIA, 2007, Curitiba, PR. Anais. Curitiba, PR: Universidade Federal do Paraná; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Universidade do Estado de Ohio. 2007. CD-ROM.

PACIULLO, D. S. C.; LOPES, F. C. F.; MALAQUIAS JR, J.D.; VIANA FILHO, A.; RODRIGUEZ, N. M.; MORENZ, M. J. F.; AROEIRA, L. J. M. Características do pasto e desempenho de novilhas em sistema silvipastoril e pastagem de braquiária em monocultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 11, p. 1528-1535, nov. 2009. Disponível em :<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009001100022>. Acesso em 10 out 2010.

PAYNE, W.J.A. A review of the possibilities for integrating cattle and tree crop production systems in the tropics. **Forest Ecology and Management**, n.12, p. 1-36, 1985.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; VIEIRA, A. R. R.; CARAMORI, P. H.; BAGGIO, A. J. O conforto térmico animal em pastagem arborizada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 3., 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2001. 1 CD-ROM.

ROCHA, L. M.; CARVALHO, P. C. F.; BAGGIO, C.; ANGHINONI, A.; LOPES, M. L. T.; MACARI, S.; SILVA, J. L. S. Desempenho e características das carcaças de novilhos

superprecoces em pastos hibernais submetidos a intensidades de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, Out. 2011 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2011001000035&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 28 Jan. 2012.

SILVA, H. A.; MORAES, A. de.; CARVALHO, P. F. C.; PONTES, L. S. Desempenho de novilhas leiteiras em pastagens anuais de inverno sob sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, Out. 2011 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2011001000034&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 22 Dez. 2011.

SOUZA, W.; BARBOSA, O. R.; MARQUES, J. R.; COSTA, M. A. T.; GASPARINO, E.; LIMBERGER, E. Microclimate in silvipastoral systems with eucalyptus in rank with different heights. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 39, n. 3, Mar. 2010 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982010000300030&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 30 Nov 2010.

TONUCCI, R.G.; NAIR, P. K. R.; NAIR, V. D.; GARCIA, R.; BERNARDINO, F. S. Soil Carbon Storage in Silvopasture and Related Land-Use Systems in the Brazilian Cerrado. **Journal of Environment Quality**, v.40, n. 3, p.833-841, 2010.

UNECE&FAO-United Nations Economic Commission for Europe / Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Forest Products Annual Market Review, 2008-2009**. Genebra: FAO, 2009. 188p. Disponível em: <http://timber.unece.org/fileadmin/DAM/publications/Final_FPAMR2009.pdf> Acesso em: 29 set 2009.

5. CAPÍTULO I - DANOS CAUSADOS POR BOVINOS EM DIFERENTES ESPÉCIES ARBÓREAS EM SISTEMAS SILVIPASTORIS.

Resumo

Três espécies arbóreas foram avaliadas quanto aos danos causados por bovinos em pastejo em um sistema silvipastoril implantado na região subtropical do Brasil. As espécies *Schinus terebinthifolius* (Raddi), *Grevillea robusta* (A. Cunn. ex R.Br) e *Eucalyptus dunnii* (Maiden), foram plantadas em linhas simples, arranjadas em 14m x 3m, para comporem um sistema agrossilvipastoril. Durante os primeiros três anos a área foi utilizada para produção de grãos em sistema de cultivo em aléias (silviagrícola). Após 41 meses do plantio das árvores, o gado foi introduzido pela primeira vez na área. Cinco classes de intensidade de danos foram estabelecidas: sem dano, baixa, média, alta e extrema. Os danos causados à casca do tronco das árvores no sistema foram maiores do que os causados às copas. As árvores de *S. terebinthifolius* foram as mais danificadas pelos bovinos. A manutenção de *S. terebinthifolius* em sistema silvipastoril é comprometida pelo dano que o gado impõe às árvores.

Termos para indexação: mastigação de casca; ramoneio; arborização de pastagens; integração pecuária-floresta; agrossilvipastoril;

DAMAGES CAUSED BY CATTLE ON DIFFERENT TREE SPECIES IN SILVOPASTORAL SYSTEMS.

Abstract

We assessed the damage done by cattle in three species of trees in a silvopastoral system implanted in the subtropical region of Brazil. The species *Schinus terebinthifolius* (Raddi), *Grevillea robusta* (A. Cunn. Ex R. Br) and *Eucalyptus dunnii* (Maiden), were planted in

single rows (14m x 3 m) to compose a silvopastoral system with grazing winter. During the first three years, the area was used for grain production in alley cropping systems. After 41 months of planting trees cattle were first introduced in the area. Five classes were established intensity damage: no damage, low, medium, high, and extreme. The damage to the bark of trees was larger than those caused to the crown. The trees of *S. terebinthifolius* were more damaged by cattle. The maintenance of *S. terebinthifolius* trees in silvopastoral system does not succeed because the damage done by cattle is of extreme intensity.

Index terms: chewing bark; browsing; afforestation of pasture; tree-livestock integration; agroforestry;

Introdução

Para a implantação de um sistema silvipastoril, o estabelecimento das árvores constitui-se em uma fase crítica, pois os danos causados pelo gado, neste período, pode comprometer o sucesso do sistema (Ribaski, 1986; Sharrow, 2001; Lehmkuhler et al., 2003). Este fato gerou a busca por mecanismos que pudessem contornar o assédio dos animais às árvores na fase juvenil, tais como substâncias repelentes (Eason et al., 1996; Lehmkuhler et al., 2003; Barrios et al., 2004) e proteção física (Montoya & Baggio, 1992; Eason et al., 1996). Além disso, estratégias de implantação, como a execução de uma fase silviagrícola, até que as árvores tenham porte suficiente para suportar o assédio animal, quer seja por roçar o corpo nos troncos, quer seja por não mais alcançar os galhos e ramos da árvore, são recomendadas e têm sido utilizadas (Carvalho et al, 2002; Garret et al., 2004; Reis et al., 2007).

O sucesso de um sistema silvipastoril depende da adaptabilidade da forrageira para com o ambiente sombreado (Schreiner, 1987; Castro et al. 1999; Paciullo et al, 2009; Varella

et al. 2009), do estabelecimento adequado das árvores (Fike et al, 2004; Porfírio-da-Silva & Moraes, 2010) e da compatibilidade do tipo e da categoria animal para com as árvores e com a forrageira (Silva et al, 2001; Fike et al, 2004). Em geral, ovinos e caprinos são mais propensos a comer ramos, folhas e cascas de árvores, enquanto que os bovinos quebram ramos, galhos e troncos de árvores jovens que ainda não suportam a carga do corpo do animal (Bendfeldt et al, 2001; Fike et al, 2004;). Em ambos os casos, essas ações do gado podem comprometer o estabelecimento adequado das árvores, o que dificulta a implantação do sistema silvipastoril.

Os registros de danos causados por bovinos em árvores já estabelecidas são recorrentes em afirmar que são de pequena monta ou mesmo negligenciáveis, desde que as árvores tenham porte para suportar o assédio dos animais (Lewis et al., 1983; Couto et al., 1994; Baggio & Schreiner, 1988; Silva et al., 2001; Fike et al., 2004). Porém, em estudo realizado no Paraná, foram registrados níveis de danos preocupantes causados por bovinos de corte na casca e no tecido cambial/lenho de árvores de *Eucalyptus grandis* de três anos de idade em um sistema silvipastoril com braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. Xaraés) (Medrado et al., 2009).

Quando uma árvore tem a casca “roída” pode aumentar a chance de mortalidade devido ao fato de que, sem a casca, a árvore perde parte importante de suas defesas contra doenças (Ferreira, 2001; Ferreira & Milani, 2004) e insetos. A exposição do lenho favorece o ataque de fungos e insetos xilófagos que podem promover o apodrecimento e provocar a quebra do tronco. Efeitos conhecidos como o da acumulação de fotoassimilados acima da área lesionada (Li et al., 2003) e esgotamento das reservas de amido da raiz (Högberg et al., 2001) podem promover o aumento temporário da respiração do solo (Nordgren et al., 2003). A acumulação de fotoassimilados, como amido, acima da região onde a casca foi mastigada

(roída) pode aumentar as chances da árvore ser novamente procurada pelos animais, resultando em danos crescentes e mortalidade da árvore.

Forragens herbáceas, especialmente gramíneas, constituem a principal fonte de alimentos para bovinos (Bóo et al., 1993; Lima et al., 1998; Santos et al., 2002), embora esses animais apreciem maior variedade em sua dieta (Santos et al., 2002; USDA, 2005). Em ambiente pastoril onde existam árvores, os animais vão consumir pequenas quantidades de ramos e folhas a cada dia, se estas estiverem acessíveis (Lima et al., 1998; Santos et al., 2002; Fike et al., 2004). Tal consumo pode tornar-se problema no sistema silvipastoril quando a pequena quantidade de ingestão diária, acumulada, atinge níveis de dano inaceitáveis para o crescimento das árvores.

O interesse por sistemas integrados de produção vem crescendo entre produtores, acadêmicos, pesquisadores e formadores de política pública (SIMPÓSIO..., 2007; MAPA, 2011). A busca e avaliação dos componentes agrícola, pecuário e florestal, adequados, são fundamental para o alcance da potencialidade dos sistemas agrossilvipastoris.

A aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi, é uma árvore perenifólia que tem crescimento moderado (até $12 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$), podendo atingir até 10 m de altura e DAP de até 30 cm; tem ocorrência natural em várias tipologias florestais, encontrada desde o nível do mar até 2.000m de altitude, tolera muitos tipos de solo (Carvalho, 1994; 2003). Silviculturamente é resistente à geadas (Carvalho, 1981) e apresenta rebrota vigorosa com hábito de crescimento simpodial. A aroeira tem usos, como madeira para diversos fins, extração de tanino, paisagismo (Carvalho, 2003; Williams et al., 2005), medicinal no tratamento de inflamações (Amorin & Santos, 2003), cicatrizante (Bacchi, 1986; Martínez et al., 1996; Lucena et al., 2006), além de apresentar ação antimicrobiana (Lima et al., 2004; Santos et al., 2010) e antioxidante (Velázquez et al., 2003; Degáspari, 2004). Também existem registros de que é consumida por caprinos e que não assediada e nem pastejada pelo gado bovino (Baggio,

1988), sendo indicada para a arborização de pastos (Montoya et al, 1994; Carvalho, 1994). Não obstante, resultados práticos e, ou, de pesquisas envolvendo esta espécie em sistemas silvipastoris ainda são desconhecidos.

A grevilea (*Grevillea robusta* A. Cunn. ex R.Br.) é uma espécie natural da Austrália, onde ocorre em matas de galeria e em florestas de encostas (Harwood, 1992). É uma árvore semidecídua de crescimento moderado a rápido (20 a $33 \text{ m}^3 \cdot \text{ha} \cdot \text{ano}^{-1}$), podendo atingir até 35 m de altura e DAP de 80 cm (Harwood, 1992; Embrapa, 1986). É considerada heliófita, com hábito de crescimento monopodial, que se adapta a diferentes condições edafoclimáticas e apresenta tolerância a geadas leves quando adulta (Fritzsos et al., 2010). No Brasil foi introduzida no quarto final do século passado para fins ornamentais e posteriormente utilizada para compor quebra-ventos para as lavouras de café (Baggio et al, 1997; Santos et al., 2000; Matsumoto & Viana, 2004). Os principais usos dessa espécie incluem ornamentação, produção de serapilheira, mel, quebra-ventos, madeira para fins diversos, e sombreamento de culturas agrícolas e pastagens (Martins & Medrado, 2003). Em regiões da África, as folhas também são utilizadas como forragem para complementar a alimentação do gado em épocas de seca (Nair, 1993). A utilização da grevilea para arborização de pastagens (sistemas silvipastoris) no Brasil foi registrada pela primeira vez em 1985 por Gonçalves et al. (Porfirio-da-Silva, 1994), na região noroeste do estado do Paraná. Atualmente é a segunda espécie mais utilizada para arborização de pastagens no Paraná, com aproximadamente, $3,3$ mil hectares distribuídos em 53 municípios (Menarim Filho, 2005).

O eucalipto (*Eucalyptus dunnii* Maiden) é uma árvore originária da Austrália onde pode atingir, normalmente, 40 m de altura em solos férteis com precipitação anual superior a 1000 mm (Embrapa, 1986). É uma espécie comprovadamente tolerante à geadas (Higa et al, 2000) e por isso tem sido recomendada para plantios nas condições subtropicais brasileiras (Embrapa, 1986; Paludzyszyn et al., 2006). De crescimento rápido, com cerca de $40 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$

¹.ano⁻¹, tem sido recomendada para uso como quebra-ventos e sua madeira é própria para serraria (Shimizu & Carvalho, 2000). Embora, a espécie seja indicada para uso em arborização de pastagens (Baggio, 1993; Montoya et al.; 1994), resultados de pesquisa em sistemas silvipastoris ainda são desconhecidos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto do gado bovino sobre as árvores ao ser introduzido em um ambiente pastoril arborizado. Três espécies arbóreas indicadas para sistemas silvipastoris foram avaliadas: aroeira, grevilea e o eucalipto.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em um sistema agrossilvipastoril implantado em outubro de 2006 com mudas de árvores de eucalipto (*Eucalyptus dunnii* Maiden), aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi) e grevilea (*Grevillea robusta* A. Cunn. ex R. Br.) na Estação Experimental Fazenda Modelo/IAPAR, em Ponta Grossa, Paraná (25°07'22" S; 50°03'01" W; e altitude de 953 m). O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cfb subtropical úmido mesotérmico, com temperatura média anual de 17,6° C, variando entre máximas de 24,3° C, e mínimas de 8,5° C. A precipitação média entre 1.400 e 1.600 mm anuais, distribuída ao longo do ano, com leve declínio nos meses de abril a agosto (IAPAR, 1994).

Ocupando 7,95 ha, o sistema foi implantado sobre solos classificados como Cambissolo Háptico Distrófico típico e Latossolo Vermelho Distrófico típico (Bognola & Fasolo, 2003), em classe de relevo entre 4 e 9% de declividade com face de exposição Norte.

As árvores foram plantadas em filas simples com as espécies intercaladas na mesma fila, em espaçamento de 14m x 3m, alocadas transversalmente ao sentido predominante da declividade do terreno. Desde então, a área vinha sendo utilizada para a produção de lavouras de inverno (aveia preta - *Avena strigosa* Schreb) e lavouras de verão (soja - *Glicine max* (L.) Merr., e milho - *Zea mays* L.) em sistema de cultivo em aléias (silviagrícola).

Em novembro de 2009, conforme mapeamento das características químicas e físicas do solo, a área recebeu adubação corretiva do solo mediante a aplicação fracionada por hectare de: 260 kg e 350 kg de K_2O ; 54 kg e 72 kg de P_2O_5 ; e, 900 kg, 1200 kg e 1400 kg de gesso agrícola. Em 19/12/2009 foi plantado o sorgo forrageiro cv. AG 2501C (*Sorghum bicolor* (L.) Moench x *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) nas aléias entre os renques arbóreos. Na adubação de plantio foram utilizados $300 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ do formulado NPK (4:14:8). Adubação de cobertura foi realizada na fase de perfilhamento com $180 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N na forma de uréia.

A área foi subdividida em seis piquetes de $1,3 \pm 0,3$ ha cada, mediante o emprego de cerca elétrica, em todos os piquetes os animais dispunham de água e sal mineralizado à vontade. Os animais eram da raça Purunã e foram distribuídos nos piquetes considerando-se o peso médio, de forma a manter a carga animal similar em todos os piquetes.

O pastejo foi iniciado em 27/01/2010 (39 dias depois do plantio da forrageira, quando o pasto alcançou de 1,0 a 1,2 m de altura), e foi manejado sob pastejo contínuo com taxa de lotação variável (Mott & Lucas, 1952) para manter o pasto com altura média de 50-60 cm. Na primeira semana o pastejo foi realizado por quatro novilhos (peso médio de 262 ± 4 kg) e seis bezerros (peso médio de $147,4 \pm 4$ kg) por piquete. Na semana seguinte, cada piquete recebeu mais dez vacas (peso médio de 426 ± 10 kg), sendo seis animais em 03/02/2010 e quatro animais em 09/02/2010.

Os danos da presença do gado sobre as árvores foi avaliado no período de 10 a 12/02/2010, ocasião em que as árvores apresentavam diâmetro médio à altura do peito (DAP) e altura média total de : $4,7 \pm 0,86$ e $3,49 \pm 0,72$ (aroeira-vermelha); $6,28 \pm 0,54$ e $4,54 \pm 0,25$ (grevílea); e $15,71 \pm 1,35$ e $9,47 \pm 0,49$ (eucalipto). Todas as árvores estavam desramadas até a metade de suas respectivas alturas.

A oferta de forragem (kg de matéria seca para cada 100 kg de peso vivo animal por hectare) foi calculada por meio da fórmula: $OF = (MF \div n + TAD) * 100 \div CA$, onde: MF =

massa de forragem (kg de matéria seca ha⁻¹) = [(MF em 27/01/2010 + MF em 13/02/2010) ÷ 2]; n = número de dias de pastejo até a avaliação de danos; TAD = taxa de acúmulo diário de forragem (kg matéria seca ha⁻¹ dia⁻¹); e CA = carga animal média (kg ha⁻¹) no período de pastejo considerado até a avaliação de danos nas árvores = somatório dos pesos médios de todos os animais presentes em cada piquete multiplicado pelo número de dias que cada animal permaneceu no piquete, dividido pelo número de dias do período de pastejo (16 dias, de 27/01/2010 a 12/02/2010).

A massa seca de forragem inicial (MF) foi obtida mediante a coleta, aleatória, de três amostras de 1,0 m² (delimitada por um quadrado de metal de 1,0 m x 1,0 m) em cada piquete, cortadas rente ao solo e levadas para secagem em secadores de ventilação forçada a 65 °C até peso constante para a determinação da matéria seca (MS). Para a estimativa da TAD foi empregado a técnica de gaiolas de exclusão com triplo emparelhamento (Moraes et al., 1990).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, constituído por três tratamentos (espécies arbóreas) com seis repetições (piquetes). Em cada piquete, 21 árvores foram aleatoriamente selecionadas, sendo sete de cada espécie.

Os danos causados pelos animais foram tipificados em função das partes danificadas (incidência) na planta: Tq = quebra da haste principal ou tronco; Gq = quebra de galhos/ramos secundários; Rq = quebra de ramos finos e forrageamento de folhas, ou ramoneio; Tl = lesão do tronco alcançando o lenho pela retirada do tecido cambial; Cl = lesão de casca, sem alcançar o câmbio; e, Dl = lesão maior do que 5 cm de diâmetro.

Um sistema de pesos e nota foi estabelecido para os diferentes tipos de danos: Tq = 10,0; Tl = 4,0; Gq = 2,0; Cl = 1,5; Rq = 1,0; e, Dl = 1,0. O critério adotado relacionou o tipo de dano e sua importância para o desenvolvimento futuro da árvore. A nota final para cada indivíduo é a soma dos respectivos danos incidentes, exceto para o caso do dano Tq (quebra do tronco), cuja incidência, independentemente da ocorrência de outros tipos de dano, tem

nota máxima. A ocorrência dos danos D1 (lesão da casca maior do que 5 cm de diâmetro), T1 (lesão do tronco alcançando o lenho pela retirada do tecido cambial), e Gq (quebra de galhos/ramos secundários), estão sempre associado a outros danos. Por exemplo: para ocorrer o dano T1, obrigatoriamente ocorrem os danos dos tipos C1 e D1, o que implica numa nota 6,5 e não 4. Conforme o critério estipulado que relacionou o tipo de dano e sua importância para o desenvolvimento futuro da árvore, cinco classes de intensidade de dano (d) foram estabelecidas: d0 = nula (sem dano, nota 0); d1 = baixa (notas entre 0 e 3); d2 = média (notas de 3 a 6); d3 = alta (notas de 6 a 10); e, d4 = extrema (nota 10).

Os dados amostrais foram utilizados para descrever quantitativamente e qualificar o dano sofrido pelas diferentes espécies arbóreas. O teste *W* (Shapiro-Wilk), aplicado aos dados (notas atribuídas aos tipos de danos) rejeitou a hipótese de que os mesmos teriam distribuição Normal; os dados foram, então, submetidos à transformação logarítmica.

A comparação entre as notas médias de cada espécie foi comparada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2008).

Resultados e Discussão

No momento da avaliação dos danos causados nas árvores, a carga animal média (CA) era de $3.222,6 \pm 691,2$ de peso vivo por hectare (kg PV.ha^{-1}), com oferta média de forragem (OF) de $4,5 \pm 0,8$ % para promover uma rápida colheita e rebaixamento do dossel da pastagem acumulada desde a emergência (39 dias de crescimento). Tal oferta de forragem pode ser considerada satisfatória para o consumo voluntário dos animais que, conforme a literatura, varia de 1,5 a 2,7% do peso vivo em matéria seca por dia (Genro, 2000; NRC, 2000).

Todas as espécies foram danificadas pelos bovinos (Figura 1). A incidência de danos foi diferente entre as espécies, enquanto que a grevílea e o eucalipto tiveram danos em 59% e 50% de seus indivíduos, respectivamente, a aroeira teve danos em 100% dos indivíduos, não

corroborando com as informações de que não seria consumida ou assediada pelo gado (Baggio, 1988). A intensidade de dano foi maior na aroeira, apresentando 15 vezes mais danos de classe d2 (média), 2 e 4 vezes mais danos de classe d4 (extrema) do que as espécies grevilea e eucalipto.

A análise de variância mostrou existir diferença significativa ($P < 0,05$) de dano entre as espécies arbóreas; a comparação de médias (Tukey a 5%) mostrou que a aroeira foi significativamente mais danificada do que as demais espécies (Tabela 1). Possíveis causas incluem a presença de animais adultos (mais pesados e altos), que estariam relacionados com danos de ramoneio (Rq), quebra de galhos (Gq) e quebra de tronco (Tq) (Silva et al, 2001).

Da totalidade dos danos nas árvores, a aroeira responde por 59,7%, a grevilea e o eucalipto, por 19,9% e 20,4 %, respectivamente. A participação de cada tipo de dano, na incidência do dano total ocorrido no sistema, teve influencia da espécie arbórea e deu-se na seguinte ordem relativa de grandeza: Rq > Cl > Dl > Gq > Tl > Tq (Figura 2).

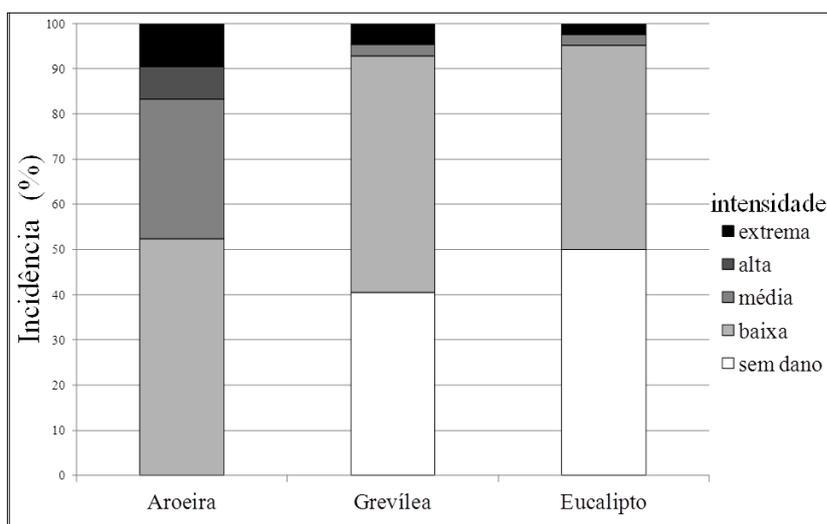


Figura 1. Incidência e intensidade de danos provocados por bovinos em três espécies de árvores em um sistema silvipastoril aos 41 meses de idade. EEFM/IAPAR, Ponta Grossa-PR. 2010.

Tabela 1. Danos causados por bovinos em três espécies arbóreas em um sistema silvipastoril e as respectivas dimensões médias de diâmetro a altura do peito (DAP) e de altura (H) das árvores, aos 41 meses, em sistema silvipastoril. EEFM/IAPAR, Ponta Grossa-PR, 2010.

| Espécie | Dano ⁽¹⁾ | DAP ± DP (cm) | H ± DP (m) |
|---|---------------------|---------------|-------------|
| Aroeira (<i>Schinus terebinthifolius</i>) | 4,2 a | 4,70 ± 0,86 | 3,49 ± 0,72 |
| Grevílea (<i>Grevillea robusta</i>) | 1,2 b | 6,28 ± 0,54 | 4,54 ± 0,25 |
| Eucalipto (<i>Eucalyptus dunnii</i>) | 1,2 b | 15,71 ± 1,35 | 9,47 ± 0,49 |

⁽¹⁾ Nota atribuída aos danos observados. As médias, seguidas por letras idênticas na mesma coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P < 0,05).

A quebra do tronco (Tq) foi o dano de menor ocorrência no sistema (3,7%), tendo maior participação da aroeira (57,1%), seguido da grevílea (28,6%) e do eucalipto (14,3%). A quebra do tronco (Tq) pode acontecer em árvores cujos troncos ainda não tenham resistência mecânica capaz de suportar a força que os animais empregam para coçar seus corpos, numa manifestação natural de defesa contra ectoparasitas ou de busca de conforto físico. Este tipo de dano determina a retirada/perda da árvore do sistema, comprometendo o sucesso especialmente em sistemas com baixa densidade arbórea. É provável que a presença de animais adultos tenha contribuído mais para este dano do que os animais jovens (de menor massa corpórea) (Silva et al, 2001). Neste estudo, todas as árvores que tiveram o tronco quebrado (Tq) apresentavam o DAP menor do que 6 cm, o que está conforme alertavam Porfírio-da-Silva et al.(2009).

A quebra de ramos e ramoneio (Rq) foi o dano de maior incidência no sistema (31,9%), com a aroeira e a grevílea respondendo por 90% desse dano (Figura 2). Provavelmente porque tinham menor altura do que a espécie de eucalipto (Tabela1), o que

favorecia o acesso dos animais até os ramos e galhos, uma vez que, embora as árvores tivessem sido desramadas até a metade de suas respectivas alturas, a desrama retirou os galhos mas não procedeu a desponde de galhos ou ramos pendentes, característicos de copas de árvores com hábito de crescimento simpodial como é a aroeira. Isso pode ter contribuído para a ocorrência de danos nos ramos e galhos, principalmente pelos animais maiores. Deste modo, surge um indício de que a fase silviagrácola deveria ser mais longa ou a desrama mais severa (mais alta), principalmente para a aroeira.

O ramoneio ou a mastigação de folhas e ramos finos (Rq) de árvores em ambiente pastoril é esperado, principalmente se estas partes da árvore estiverem ao alcance dos animais (Silva et al. 2001; Santos et al., 2002; Lehmkuhler et al., 2003; Fike et al, 2004; Rangel et al., 2008) e apresentarem alguma qualidade forrageira. É um tipo de dano mais tolerável do que os demais tipos, e pode ser contornado com a prática da desrama até uma altura em que os bovinos não possam alcançar os galhos e ramos, o que evita também a quebra de galhos (Gq). Mas, a mastigação da casca de árvores é um dano inusitado quando ocasionado por bovinos e, não existe informação disponível sobre o fato.

Os danos que lesionam a casca (Cl, Dl e Tl) atingem a estrutura que é responsável pelo principal componente de rendimento da árvore no sistema, ou seja, o tronco. A lesão do tronco alcançando o lenho (Tl) foi mais incidente na aroeira (90,5% da totalidade do dano), o que pode ser indicativo de preferência dos animais pela espécie, mas também em função da espessura de casca menor do que a do eucalipto e a da grevílea. Cumulativamente, a aroeira teve grandes porções de casca retirada do tronco (Dl = 45,7%) sem alcançar o câmbio (Cl = 53,1%). Esse fato mostra que, a fase silviagrácola mais longa favoreceria a aroeira somente contra danos na copa (Rq e Gq) por animais adultos (mais altos), mas não evitaria danos no tronco, que pode ser acessado por qualquer categoria animal.

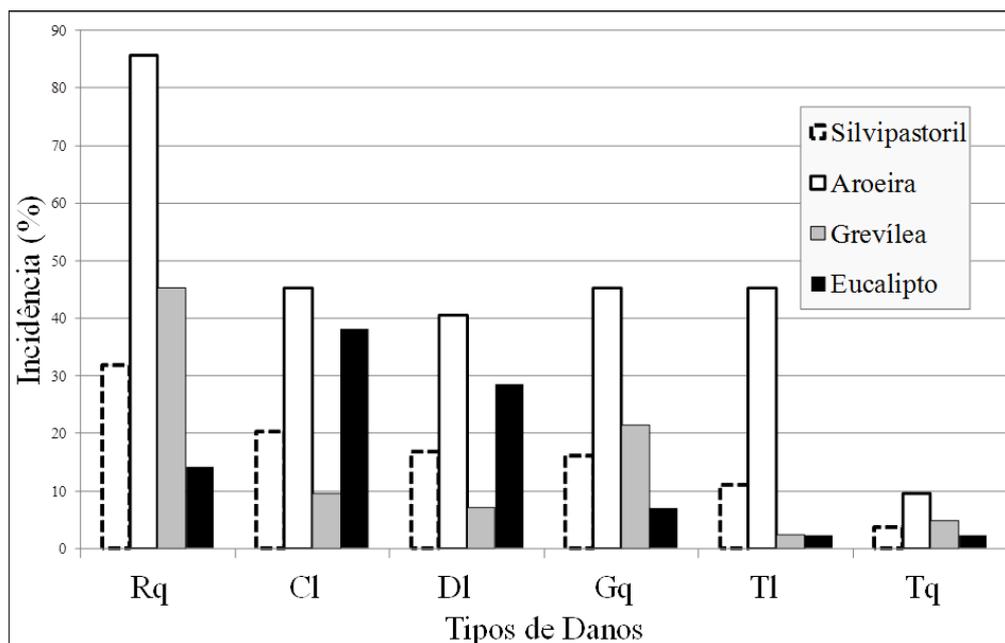


Figura 2. Tipos e incidência de danos causados pelos bovinos, no sistema silvipastoril e em cada uma das espécies arbóreas indicadas para sistemas silvipastoris: (Rq = ramoneio; Cl = lesão de casca, sem alcançar o câmbio; Dl = lesão maior do que 5 cm de diâmetro; Gq = quebra de galhos; Tl = lesão do tronco alcançando o lenho; e, Tq = quebra do tronco). EEFM/IAPAR, Ponta Grossa-PR. 2010.

No eucalipto os danos de maior incidência foram os do tipo Cl (41,0%) e Dl (37,5%), as lesões que alcançaram o lenho (Tl) participaram somente com 4,8% dos danos na espécie (Figura 2). É possível que a facilidade com que a casca do eucalipto é retirada do tronco (relativamente maior do que a da aroeira e a da grevílea) e sua maior espessura, proporcionem maiores porções, por mordida/bocado, para ser mastigado, ao tempo que não requer mordida em sucessão contínua junto do tronco para obter determinada massa de casca, diminuindo a lesão no lenho (Tl) mas ampliando a lesão de casca (Dl e Cl).

Conforme Baxter & Hansson (2001), mamíferos que comem cascas de árvores procuram, em diferentes espécies e, ou, sítios, balancear suas dietas por açúcar, minerais, ou proteína. Portanto, o dano dos bovinos às cascas de aroeira, eucalipto e grevílea, pode atuar como um indicador do por que de tal comportamento no sistema silvipastoril em estudo. As

espécies de árvores tem casca de espessura, textura e maciez diferentes, além de compostos químicos com apelo nutricional, como o amido, ou que podem inibir a mastigação da casca, como óleos essenciais e taninos condensados. Ashton (2005), avaliando os danos de equinos em casca de várias espécies de eucaliptos na Austrália, revela que existe seleção dos animais por árvores individuais, mostrando que, além de variação interespecífica existe a variação intra-específica, e que os danos foram maiores em árvores de maior diâmetro. O aumento diâmetro do tronco tem sido sugerido como um fator que diminuiria os danos por mastigação de casca causados por ovinos (Eason *et al.*, 1996).

Embora não conclusivo, Ashton (2005), sugere haver uma ligação entre o teor de amido na casca e a mastigação da casca de eucaliptos pelos cavalos, podendo ser um fator de seleção das árvores que terão a casca consumida.

Estudos futuros poderão revelar se o conteúdo de amido, composição bromatológica e determinação de fibras e exsudatos das cascas, indicam preferência dos bovinos por uma espécie arbórea à outra (ou mesmo se ocorre preferência intraespecífica), tal qual ocorre com equinos, conforme registrou Ashton (2005). Também verificar qual seria o fator de atração para o consumo de casca de árvore, se existe características intrínsecas às árvores ou se é somente algum desvio da conduta normal do comportamento ingestivo, provocado por algum fator de estresse social (Costa, 2003) ou de aprendizado prévio. Os animais utilizados no experimento são oriundos de criação extensiva a campo em pastagens características de campo nativo, onde a possibilidade de dieta diversificada é uma constante. A qualidade da forragem produzida e consumida pelo gado em sistema silvipastoril pode sofrer alterações (Carvalho *et al.*, 1997; Andrade *et al.*, 2004; Paciullo *et al.*, 2009) e isto também deverá ser investigado para o entendimento do consumo de casca de árvores por bovinos em sistema silvipastoril.

Ademais, nas primeiras semanas de uma pastagem cultivada, é provável que os teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) sejam baixos e que o animal procure balancear sua dieta ingerindo pequenas quantidades diárias de folhas e ramos com maiores teores de FDN para equilibrar o mecanismo de consumo voluntário (Mertens, 1992). As folhas e ramos da aroeira e da grevilea, foram classificadas por Leme et al., (1994), como sendo de baixa qualidade forrageira, por apresentarem, ambas, acima de 60% de material não degradável na matéria seca (degradabilidade *in vivo*) e teores de taninos condensados acima de 10% para a aroeira e abaixo de 10% para a grevilea. Não se tem registros das características bromatológicas das cascas dos troncos dessas espécies.

Por fim, a retirada da casca pode promover a brotação de gemas epicórmicas, abaixo da região danificada. Entretanto, embora a brotação seja uma oportunidade para a sobrevivência da árvore, isso não é desejável num sistema silvipastoril onde as árvores foram escolhidas para fins madeireiros, pois o objetivo é ter um tronco único e alto, capaz de produzir uma tora.

Conclusões

A espécie *Schinus terebinthifolius* não pode ser indicada para sistemas silvipastoris com o objetivo de obter produtos florestais da espécie.

O *Eucalyptus dunnii* e a pode ser utilizado como componente arbóreo em sistemas silvipastoris nas condições subtropicais.

A grevilea confirmou suas indicações para uso em sistema silvipastoril.

Referências bibliográficas

ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; PEREIRA, O.G.; SOUZA, A.L.; Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com *Stylozanthus guianensis*, CV. Mineirão, em sistemas silvipastoris com eucaliptos. Revista Brasileira de Zootecnia. Viçosa, n.6, v.32, Suplemento 2, 2003

AMORIN, M. M. R.; SANTOS, L. C.. Tratamento de vaginose bacteriana com gel vaginal de Aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi): ensaio clínico randomizado. **Rev Bras Ginec Obstetr** n. 25, p.95-102, 2003. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/rbgo/v25n2/v25n2a04.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2010.

ASHTON, A. **Bark chewing by the wild horses of Guy Fawkes River National Park, NSW: impacts and causes.** 2005. 125 f. Monografia (Bacherelado) - Curso de Science/ecology, University Of New England, Armidale, New South Wales, Austrália, 2005.

BAGGIO, A. J. Alternativas para recuperação de solos degradados na região sul do país. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. **Anais...** Curitiba:UFPR, 1993, p.126-131.

BAGGIO, A. J. A aroeira como potencial para usos múltiplos na propriedade rural. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 17, Colombo, PR, dez 1988. 25-32.

BAGGIO, A. J.; CARAMORI, P. H.; ANDROCIOLO FILHO, A.; MONTOYA, L.J.V. **Efeitos de diferentes espaçamentos de grevilea em consórcio com cafeeiro.** Londrina,PR: IAPAR, 1997. 24 p. (Boletim Técnico, 56)

BAGGIO, J. A.; SCHREINER, H. G. Análise de um sistema silvipastoril com *Pinus elliottii* e gado de corte. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.16, Colombo, PR, dez. 1988. 19-29.

BARRIOS, C.; BEER, J.; IBRAHIM, M. Pastoreo regulado y bostas del ganado para la protección de plântulas de *Pithecolobium saman* em potreros. **Revista Agroforestería en las Américas** , Turrialba, Costa Rica. Disponível em: <<http://www.fao.org/wairdocs/LEAD/X6332S/X6332S00.HTM>>. Acesso em: 31 ago. 2004

BAXTER, R.; HANSSON, L. Bark consumption by small rodents in the northern and southern hemispheres. **Mammal Review**, n.31, p. 47-59, 2001

BENDFELDT, E. S.; FELDHAKKE, C. M.; BURGER, J.. Establishing trees in an Appalachian silvopasture: Response to shelters, grass control, mulch, and fertilization. **Agroforestry Systems**, n. 53, p.291-295, 2001. Disponível em: <DOI: 10.1023/A:1013367224860>. Acesso em: 11 out. 2009.

BOGNOLA, I. A.; FASOLO, P. J. **Mapeamento dos solos e aptidão agrícola das terras da Fazenda Modelo - Ponta Grossa, PR**. Embrapa Florestas. Colombo, PR, p. CD-ROM. 2003. (Relatório Final - Contrato de Coop. Técnica n.21500,02/0023-1).

BÓO, R.M.; LINDSTRON, L.I.; ELÍA, O.R.; MAYOR, M.D. Botanical composition and seasonal trends of cattle diets in central Argentina. **Journal of Range Management**, v.46, n.6, p.479-482, 1993.

CARVALHO, M. M.; SILVA, J. L. O. da; CAMPOS JÚNIOR, B. de A. Produção de matéria seca e composição mineral de forragem de seis gramíneas tropicais estabelecidas em um sub-bosque de angico-vermelho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 213-218, mar./abr. 1997.

CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F.; YAMAGUCHI, L. C. T.. **Estabelecimento de sistemas silvipastoris: ênfase em áreas montanhosas e solos de baixa fertilidade**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2002. 12 p. (Embrapa Gado de Leite. Circular Técnica, 68).

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa informação tecnológica; Colombo - Paraná: Embrapa Florestas, 2003. V.1, 1039p.

CARVALHO, P. E. R.. Competição entre espécies florestais nativas em Irati- PR, cinco anos após o plantio. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, Pr, n. 2, p.41-56, 01 jun. 1981. Semestral. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/publica/boletim/edic2.htm>>. Acesso em: 12 ago. 2010.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas de uso múltiplo na Região Sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1., 1994, Porto Velho. **Anais...** Colombo, Pr: Embrapa-CNPf, 1994. v. 1, p. 289 - 320.

CASTRO, C. R. T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M.; COUTO, L. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Rev. Bras. de Zootecnia**, v.28, n.5, p.919-927, 1999.

LEWIS, C. E.; BURTON, G. W.; MONSON, W. G.; McCORMICK, W. C.. Integration of pines, pastures, and cattle in south Georgia, USA. **Agroforestry Systems**, Netherlands, n. 1, p.277-297, 1983.

COUTO, L.; ROATH, R. L.; BETTERS, D. R.; GARCIA, R.; ALMEIDA, C.C. Cattle and sheep in eucalypt plantations: a silvopastoral alternative in Minas Gerais. **Agroforestry Systems**, v.28, n.2, 1994. 173-184.

DEGÁSPARI, C. H. **Propriedades antioxidantes e antimicrobiana dos frutos da aroeira *Schinus terebinthifolius* Raddi**. Curitiba, 2004, 102p. Tese (Doutorado) – Programa de pós graduação em tecnologia de alimentos - Universidade Federal do Paraná.

EASON, W. R.; GILL, E. K.; ROBERTS, J. E. Evaluation of anti-sheep tree-stem-protection products in silvopastoral agroforestry. **Agroforestry Systems**, n. 34, p.259-264, 1996.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Florestas. **Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná**. Brasília, 1986. 89 p. (Documentos, 17)

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v.6, p.36-41, 2008. Disponível em:<http://www.fadminas.org.br/symposium/12_edicoes/artigo_5.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2009

FERREIRA, F. A.; MILANI, D. Avaliação de resistência de clones de eucalipto às infecções naturais de *Cryphonectria cubensis*, com nova metodologia. **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 2, Abr. 2004 . Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622004000200018>> Acessado em 19 Jan. 2012.

FERREIRA, F. A. Portas de entrada para *Cryphonectria cubensis* em troncos de *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 25, n. 4, p. 513-519, 2001

FIKE, J. H.; BURGER, A. L.; KALLENBACH, R. L.. Considerations for establishing and managing silvopastures. **Forage And Grazinglands**: 2004, ., n. , p.-., 2004. Disponível em: <doi:10.1094/FG-2004-1209-01-RV>. Acesso em: 17 set. 2010.

FRITZSONS, E.; CARPANEZZI, A. A.; WREGE, M. S AGUIAR, A. V.. Zoneamento climático para grevilea (*Grevillea robusta*) para o Estado do Paraná. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 61, p. 17-24, 2010. doi: 10.4336/2010.pfb.30.61.17

GENRO, T. C. M.; PRATES, E. R.; HERRERO, M.; SABATEL, V. **Estimativa de consumo de bovinos em pastejo utilizando n-Alcanos como indicadores em gramíneas tropicais**. Disponível em: <<http://www.sbz.org.br/anais2000/Ruminantes/532.pdf>>. Acesso em: http://www.sbz.org.br/reuniaoanual/anais/arq_reuniao_anual/sbz2000.rar

HARWOOD, C. E. Natural distribution and ecology of *Grevillea robusta* in forestry and agroforestry. In: HARWOOD, C. E. (ed.). **Grevillea robusta in agroforestry and forestry: proceedings of an international workshop**. Nairobi: ICRAF, 1992. p. 21 - 28

HIGA, R. C. V.; HIGA, A. R.; TREVISAN, R.; SOUZA, M. V. R. Resistência e resiliência a geadas em *Eucalyptus dunnii* Maiden plantados em Campo do Tenente, PR. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.40, p.67-76, 2000.

HÖGBERG, P.; NORDGREN, A.; BUCHMANN, S.L.; TAYLOR, A.F.S.; EKBLAD, A.; HÖGBERG, M.N.; NYBERG, G., OTTOSSON LOFVENIUS, M.; READ, D.J. Large scale

forest girdling shows that current photosynthesis drives soil respiration. **Nature**, n. 411, p. 789-792, 2001.

IAPAR- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1994. 44 p. (Série Documentos, 18).

LEHMKUHLER, J. W.; FELTON, E. E. D.; SCHMIDT, D.A.; BADER, K. J.; GARRET, H. E.; KERLEY, M. S. Tree protection methods during the silvopastoral-system establishment in midwestern USA: Cattle performance and tree damage. **Agroforestry Systems**, ., v. 59, n. 1, p.35-42, 2003.

LEME, M. C. J.; DURIGAN, M. E.; RAMOS, A. Avaliação do potencial forrageiro de espécies florestais. In: MONTOYA, L. J.; MEDRADO, M. J. S. **Seminário sobre sistemas agroflorestais na Região Sul do Brasil, I**. Colombo: Embrapa Florestas, v. 1, 1994. Cap. 147-155, p. 260.

LI, C. Y., WEISS, D.; GOLDSCHMIDT, E. E. Girdling affects carbohydrate-related gene expression in leaves, bark and roots of alternate-bearing citrus trees. **Annals of Botany**, n.92, p.137-143, 2003.

LIMA, E. O.; PEREIRA, F. O.; LIMA, I. O.; TRAJANO, V. N.; SOUZA, E. L. *Schinus terebinthifolius* Raddi: avaliação do espectro de ação antimicrobiana de seu extrato aquoso. **Infarma**, v.16, n. 7-8, p. 83-85, 2004.

LIMA, J.A.; NASCIMENTO Jr., D.; PEREIRA, J. C.; REGAZZI, A. J. Seletividade por bovinos em pastagem natural. I.composição botânica. **Rev. Bras. de Zootec.**, v.27, n.3, p.434-443, 1998.

LUCENA, P. L. H.; RIBAS FILHO, J. M.; MAZZA, M.; CZECZKO, N. G.; DIETZ, U. A.; CORREA NETO, M. A.; HENRIQUES, G. S.; SANTOS, O. J.; CESCHIN, A. P.; THIELE,

E. S. . Avaliação da Aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) na cicatrização de feridas cirúrgicas em bexiga de ratos. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v. 21, p. 46 – 51, 2006

MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Programa ABC. Agricultura de Baixo Carbono**. Brasília: MAPA, 2011. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/abc>>. Acesso em: 05 set 2011.

MARTINS, E. G.; MEDRADO, M. J. S. [Ed.] **Cultivo da grevilea nas regiões sul e sudeste do Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003 (Sistemas de Produção, 2). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Grevilea/CultivodaGrevileaSulSudeste/index.htm>> Acesso em: 21 abril de 2010.

MATSUMOTO, S. N.; VIANA, A. E.S. Arborização de cafezais na região nordeste. In: MATSUMOTO, S. N. **Arborização de cafezais no Brasil**. Vitória da Conquista, BA: UESB, 2004. Cap. 5, p. 168-195.

MEDRADO, M. J. S.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; DERETI, R. M.; FONSECA, L. R.; MAIER, T. F.; PINTON, A. L. M. **Danos Provocados em Eucalipto por Bovinos Criados em Sistema Silvipastoril no Município de Cruzmaltina, PR**. Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 8 p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 243)

MENARIM FILHO, A. **Estratégia para a implantação de sistemas silvipastoris no Noroeste paranaense**. Disponível em: <www.fundepecpr.org.br/palestras/palestra22.doc> Acesso em: 11 de julho de 2005.

MERTENS, D. R. **Análise da fibra e sua utilização na avaliação e formulação de rações**. In: Simpósio Internacional de Ruminantes. Lavras: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 29. 1992. p. 188-219.

MONTOYA, L. J.V.; MEDRADO, M. J. S.; MASCHIO, L. M. de A. Aspectos de arborização de pastagens e viabilidade técnica-econômica da alternativa silvipastoril. In:

SEMINARIO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA REGIAO SUL DO BRASIL, 1., 1994, Colombo. **Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPf, 1994. p.157-172. (EMBRAPA-CNPf. Documentos, 26)

MONTOYA, L. J. V.; BAGGIO, J. A.. Estudo econômico da introdução de mudas altas para sombreamento de pastagens. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO FLORESTAL, 2., 1991, Curitiba, PR. **Anais...** . Colombo, Pr: EMBRAPA-CNPf, 1992. v. 2, p. 171 – 190

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

NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1993. 520 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beff cattle**. **7.rev.ed.** Washington, D.C.: 2000. 248p. disponível em: <<http://www.nap.edu/catalog/9791.html>> Acesso em: 03 out. 2010

NORDGREN, A.; LOFVENIUS, O. M.; HÖGBERG, M. N.; MELLANDER, P. E.; HÖGBERG, P. Tree root and soil heterotrophic respiration as revealed by girdling of boreal Scots pine forest: extending observations beyond the first year. **Plant, Cell and Environment**, n. 26, p.1287-1296, 2003.

PALUDZYSZYN F°, E.; FERREIRA, C.A.; SANTOS, P.E.T. **Eucaliptos indicados para plantio no Estado do Paraná**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 45p. (Embrapa Florestas. Documentos, 129).

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A. D. Sistemas silvipastoris: fundamentos para a implementação. In: PIRES, A. V. **BOVINOCULTURA DE CORTE**. Piracicaba: FEALQ, v. 2, 2010. Cap. 71, p. 1421-1455.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Sistema silvipastoril (grevílea + pastagem): uma proposição para o aumento da produção do arenito do Caiuá. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1.; ENCONTRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NOS PAÍSES DO MERCOSUL, 1., 1994, Porto Velho. **Anais**. Colombo: EMBRAPA-CNPF, 1994. v. 2, p. 291-298.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MEDRADO, M. J. S.; NICODEMO, M. L. F.; DERETI, R. M. **Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo**. Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 48p. il.

RANGEL, J. H. de A.; ALMEIDA, S. A.; MUNIZ, E. .; GOMIDE, C.A. Sistema silvipastoril: uma alternativa para a produção de ruminantes. In: GOMIDE, C. A. de M.; RANGEL, J. H. A.; MUNIZ, E. N.; ALMEIDA, S.A.; SÁ, J. L.; SÁ, C. O. **Alternativas alimentares para ruminantes II**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2008. p. 245-267.

REIS, H. A.; MAGALHÃES, L. L.; OFUGI, C.; MELIDO, R. C. N. Agrossilvicultura no Cerrado, região noroeste do Estado de Minas Gerais. In: In: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. da C. (org.) **Sistemas agrossilvipastoris na América do Sul: Desafios e Potencialidades**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2007. p. 137-154.

RIBASKI, J. **Sobrevivência e desenvolvimento da algaroba, plantada com e sem proteção, em área de capim-bufel sob pastejo**. Petrolina: Embrapa-CPTSA, 1986. 4 p. (Pesquisa em Andamento, 48).

SANTOS, A. C. A.; ROSSATO, M.; SERAFINI, L. A.; BUENO, M.; CRIPPA, L. B.; SARTORI, V. C. et al. Efeito fungicida dos óleos essenciais de *Schinus molle* L. e *Schinus*

terebinthifolius Raddi, Anacardiaceae, do Rio Grande do Sul. **Rev. Bras. Farmacognosia** Curitiba, v.20, n.2, Maio 2010. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-695X2010000200003>> Acessado em 23 Out. 2011. .

SANTOS, A. J.; LEAL, A. C.; GRAÇA, L. R.; CARMO, A. P. C. Viabilidade econômica do sistema agroflorestal grevilea x cafeeiro na região norte do Paraná. **Cerne**, v. 6, n. 1, 2000. p. 89-100

SANTOS, S. A.; COSTA, C.; SOUZA, G. S.; POTT, A.; ALVAREZ, J. M.; MACHADO, S. R.. Composição Botânica da Dieta de Bovinos em Pastagem Nativa na Sub-Região de Nhecolândia, Pantanal. **Rev. Bras. de Zootecnia**, 31, 2002. p. 1648-1662.

SCHREINER, H.G. Tolerância de quatro gramíneas forrageiras a diferentes graus de sombreamento. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 15, p. 61-72, 1987.

SHARROW, S. H.. Effects of shelter tubes on hardwood tree establishment in western Oregon silvopastures. **Agroforestry Systems**, n. 53, p.283-290, 2001. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/1386606n50358500/fulltext.pdf>>. Acesso em: 23 maios 2009.

SHIMIZU, J. Y.; CARVALHO, P. E. R. Primeira aproximação na indicação de eucaliptos para produção de madeira na Região de Quaraí, RS. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.40, 2000. 101-110.

SILVA, J.L.S.; SAIBRO, J. C.; CASTILHOS, Z. M. S. Situação da pesquisa e utilização de sistemas silvipastoris no Rio Grande do Sul. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. C. (Ed.) **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília: FAO, 2001. p.379-398.

USDA - National Resources Conservation Service. **Silvopasture: Integrating Trees, Forages and Livestock**. Missouri: NRCS, 2005. (Information Sheet -MO381) Disponível em: <www.mo.nrcs.usda.gov/technical/forestry>. Acesso em: 02 maio 2010.

VARELLA, A. C.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; SOARES, A.; MORAES, A.; SAIBRO, J. C.; POLI, C. H. E. C.; BARRO, R. S.. Screening native and cultivated pasture for silvopastoral systems in Southern Brazil. In: **Congreso Nacional Sistemas Silvopastoriles, 1.**, 2009, Posadas. *Sistemas Silvopastoriles: una oportunidad para el desarrollo sustentable*, Posadas: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, p.363-367.

VELÁZQUEZ, E.; OURNIER, H. A.; BUSCHIAZZO, P. M.; SAAVEDRA, G.; SCHINELLA, G. R. Antioxidant activity of Paraguayan plant extracts. **Fitoterapia**, n. 74, p.91-97, 2003. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0367326X02002939>>. Acesso em: 02 mar. 2010.

6. CAPÍTULO II - PRODUTIVIDADE DO MILHO EM UM SISTEMA SILVIAGRÍCOLA NOS CAMPOS GERAIS, PR.

Resumo

Em sistemas silviagrícolas a produtividade de grãos pode ser afetada por vários fatores, o resultado pode ser nulo, de redução, ou, de aumento da produtividade. O objetivo deste trabalho foi comparar a produtividade do milho plantado solteiro e em integração com árvores espaçadas em 14m x 3m (silviagrícola), e detectar efeitos resultantes da interação entre arvores e lavoura no sistema silviagrícola estudado. A produtividade do milho (cultivar IPR-114) foi avaliada em três tratamentos com seis repetições. No sistema silviagrícola os tratamentos corresponderam a: faixa adjacente aos renques arbóreos (T1) e faixa central entre dois renques arbóreos; e, a lavoura solteira de milho correspondeu ao tratamento Testemunha (T3). O incremento de madeira, durante o período de cultivo do milho, foi obtido com o auxílio de monitoramento dendrométrico. No silviagrícola, o milho ocupou 71% da área enquanto que as árvores ocuparam 29%. Não foi detectado efeito dos tratamentos ($P>0,05$) na produtividade do milho. A produtividade média de grãos foi de $4.247,9 \pm 256,1$ kg ha⁻¹ para o milho solteiro e de $4.554,99 \pm 409,9$ kg ha⁻¹ para o silviagrícola. Durante o período do cultivo do milho ocorreu o acúmulo de 1,03 m³ de madeira ha⁻¹. A razão do efeito da interação (I) entre os componentes lavoura e árvore foi de 6,7%, o que denota favorecimento do sistema silviagrícola para a produtividade do milho.

Palavras-chave: agrossilvicultura; agroflorestal; integração lavoura-floresta; *Eucalyptus dunnii*; *Schinus terebinthifolius*; *Grevillea robusta*

YIELD OF MAIZE GROWN IN THE ALLEY CROPPING SYSTEMS IN THE CAMPOS

GERAIS, PR.

Abstract

In alley cropping systems grain yields can be affected by several factors, the result can be null, reduction, or increase productivity. The objective of this research was to compare the productivity of corn grown sole and integrated with trees spaced at 14m x 3m (alley cropping systems), and detect effects of the interaction between trees and crops in the system. The productivity of maize (cultivar IPR-114) in agroforestry systems treatments consisted of: adjacent belt to the rows of trees (T1) and the central belt, between two rows (T2), and the sole crop maize was the control (T3). Increase wood at the same time of maize growing season was obtained with the aid of dendrometric monitoring. In the season of maize cultivation, the trees have accumulated 1.03 m³ wood ha⁻¹. Was not found among treatment effects ($P>0.05$) in corn yields. The average yield of corn was 4247.9 ± 256.1 kg ha⁻¹ for corn sole and 4554.99 ± 409.9 kg ha⁻¹ for alley cropping. In alley cropping systems, corn occupied 71% of the trees while 29% occupied. The effect of the interaction (I) between the crop and tree components was 6.7%, which shows advantage to alley cropping system to the productivity of corn.

Key words: agroforestry; tree-crop integration; IPR-114; *Eucalyptus dunnii*; *Schinus terebinthifolius*; *Grevillea robusta*

INTRODUÇÃO

As produtividades de lavouras integradas com árvores (silviagrícola) podem aumentar ou diminuir dependendo do arranjo espacial (Reynolds *et al.*, 2007; Reis *et al.*, 2007), da mitigação da competição por umidade (Miller & Pallardy, 2001), da dimensão e manejo das árvores no tempo (Burner *et al.*, 2009; Devkota *et al.*, 2009; Reis *et al.*, 2007) e da espécie agrícola (Kummel, 2009), entre outros fatores.

A redução na produtividade dos cultivos agrícolas plantados entre aléias tem sido atribuída à sombra das árvores, tanto nas condições tropicais, quanto nas regiões temperadas (Burner *et al.*, 2009). Adicionalmente, a competição por umidade do solo tem sido relatada como o principal fator limitante de cultivos entre renques arbóreos, tanto de regiões semiáridas tropicais (Ong & Huxley, 1996 como de regiões temperadas (Jose *et al.* 2000)).

O efeito de interação entre plantas pode ser positivo (favorecimento), neutro ou negativo (competição), e que depende de diversos fatores ecológicos (Callaway & Walker, 1997; Gillespie *et al.*, 2000), as interações entre as árvores e a lavoura associadas em um sistema silviagrícola pode oscilar de favorecimento para competição, e vice-versa, com estes estágios interativos coexistindo no tempo e espaço (Anderson & Sinclair, 1993; Ong & Huxley, 1996; Jose *et al.*, 2008; Gea-Izquierdo *et al.*, 2009). Contudo, tais resultados ainda são desconhecidos em sistemas silviagrícolas sob plantio direto nas condições subtropicais do Brasil, neste trabalho apresentamos a avaliação comparativa da produtividade do milho em um sistema silviagrícola e em monocultivo, com a qual se espera detectar os efeitos resultantes da interação (facilitação e competição).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Estação Experimental Fazenda Modelo/IAPAR, em Ponta Grossa, Paraná (25°07'22" S; 50°03'01" W; e altitude de 953m). Duas áreas contíguas foram utilizadas: uma com 0,9 ha caracterizando o sistema agrícola (L) e outra, com 5,9 ha, caracterizando o sistema silviagrícola (iLF). O solo das áreas é classificado como uma associação de Cambissolo Háplico Distrófico típico e Latossolo Vermelho Distrófico típico (Bognola & Fasolo, 2003), em classe de relevo entre 4 e 9% de declividade com face de exposição Norte, e de baixa fertilidade natural. Amostras de solo da área experimental, coletadas em 11/08/2008, apresentaram as seguintes características químicas: pH em CaCl₂: 5,43; P: 1,7 mg dm⁻³; K: 0,10 cmol_c dm⁻³; C: 11,62 g dm⁻³; Al: 0,00

$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Ca: $1,52 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg: $1,34 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; T: $5,60 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; e V: 52,9%. Os teores de argila, areia e silte são de 16,2; 79,3; e, 4,5, respectivamente.

O clima regional é classificado como Cfb subtropical mesotérmico úmido, de acordo com a classificação de Köppen. A precipitação média entre 1.400 e 1.600 mm anuais, distribuída ao longo do ano, com leve declínio nos meses de abril a agosto (IAPAR, 1994).

Até o inverno de 2006, as áreas eram utilizadas para pastagem em uso convencional (extensivo) e estavam com vegetação de pouco valor forrageiro, quando foram preparadas, mediante aração, gradagem e incorporação de 3 ton./ha de calcário dolomítico, para o estabelecimento de um sistema silviagrícola que pudesse evoluir para um sistema agrossilvipastoril com árvores das espécies de eucalipto (*Eucalyptus dunnii* Maiden), aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi) e grevílea (*Grevillea robusta* A. Cunn. ex R. Br.) plantadas em filas simples, com espaçamento de 14m x 3m, alocadas transversalmente ao sentido predominante da declividade do terreno para promoção do controle do escoamento superficial das águas de chuva, e para que o deslocamento de máquinas e de animais fosse predominantemente transversal ao sentido da declividade. As espécies arbóreas foram dispostas alternadamente na mesma linha de plantio. Desde então, a área vinha sendo utilizada para a produção de lavouras de inverno (aveia-preta - *Avena strigosa* Schreb) e lavouras de verão (soja - *Glycine max* (L.) Merr.)

Em novembro de 2008 as dimensões médias das árvores eram de 9,2 cm de diâmetro à altura de 1,30 m do solo (DAP) e 4,8 m de altura total (H) para o eucalipto, e alturas (H) de 1,9 m e 1,2 m para a grevílea e aroeira-vermelha, respectivamente.

O plantio do milho foi realizado em 11/11/2008, mediante plantio direto sobre palhada de aveia-preta dessecada com herbicida *Glyfosate* (1,2 kg i.a./ha). O espaçamento entre linhas de milho foi de 0,7m, com 5 sementes por metro linear, configurando uma população inicial, aproximadamente, de 71.500 plantas por hectare. A adubação de base foi de 220 kg ha^{-1} de NPK na formulação 03:19:20 e a adubação em cobertura foi realizada aos 35 dias

após emergência, na proporção de 67,5 kg ha⁻¹ de N, em uma única aplicação de uréia para ambas as áreas (L e iLF).

Desde o plantio do milho até a colheita (18/04/09) foram 158 dias. A precipitação pluviométrica acumulou 196,0 mm em quatro eventos de chuvas, e o déficit hídrico atingiu 249,8 mm no período (Figura 1), conforme balanço hídrico normal decendial realizado pelo método de Thornthwaite & Mather (Rolim *et al.*, 1998). Segundo os dados de acompanhamento da safra 2008/09, a falta de chuvas ocorridas nos meses de novembro e dezembro/08 (Figura 1) foi prejudicial às lavouras de milho, pois estas se encontravam nas fases de floração e frutificação, o que ocasionou perdas (SEAB, 2009); a produtividade de milho na região dos Campos Gerais reduziu 18% em relação à safra 2007/08 (SEAB, 2010).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com seis repetições e três tratamentos. Os tratamentos na condição silviagrícola corresponderam a duas posições entre dois renques arbóreos (T1 =adjacente aos renques e, T2 = central entre dois renques). O tratamento T3 correspondeu ao cultivo solteiro do milho (Testemunha).

A massa de grãos do milho foi avaliada em parcelas de 31,5 m² (3,5 m x 9,0 m). As espigas foram colhidas manualmente e a trilhagem foi realizada por uma trilhadeira estacionária. Imediatamente após a trilha, foi feita a determinação do percentual de umidade para a amostra de cada parcela/tratamento utilizando um determinador digital de umidade de grãos. Os dados de produtividade por parcela foram obtidos pela transformação da massa de grãos, corrigida para 14,5% de umidade (Siga *et al.*, 2009), obtida de cada amostra pela área da parcela.

O incremento de madeira, durante o período da lavoura de milho, foi estimado a partir dos dados de DAP e H obtidos do monitoramento dendrométrico realizado mensalmente por meio da utilização de cintas dendrométricas (Botosso & Tomazello Filho, 2001). O volume do tronco foi calculado usando a equação para o volume de cone: $\pi/4 * DAP^2 * H * 1/3$

[1]

Os resultados das avaliações foram submetidos à análise de variância, após checagem da normalidade (teste Shapiro-Wilk), para testar o efeito das diferenças entre os tratamentos, considerando seis blocos (GL = 5). Havendo efeito significativo, a comparação, entre as médias dos tratamentos no silviagrícola e a média da testemunha, seria feita pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade e, para a comparação entre as medias dos tratamentos (T1 e T2) na condição silviagrícola seria feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O software estatístico utilizado foi o Statistica® (Statsoft, 1996).

Para avaliar o efeito resultante da interação entre os componentes lavoura e árvores, foi utilizado a diferença entre a produtividade da lavoura em iLF e os seu rendimento em monocultivo (L), ou seja, a razão do efeito da interação (Kho, 2008):

$$I = (Y_{1_{iLF}} - Y_{1_L}) / Y_{1_L} \quad [2],$$

onde Y é o rendimento em unidades de produto por área, 1_{iLF} é a espécie 1 de lavoura cultivada em iLF, e 1_m é a espécie 1 de lavoura cultivada em monocultivo.

$I > 0$ indica vantagem na produtividade do sistema iLF em relação ao rendimento da lavoura em monocultivo. Produtos da árvore, como madeira, frutos, sementes, etc. são considerados como adicionais ao rendimento da área.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No sistema silviagrícola o milho ocupou efetivamente $9,9 \pm 0,4$ m de faixa plantada entre os renques, ou seja, média de 70,7% da área. As faixas de árvores (renques) ocuparam $4,1 \pm 0,4$ m de largura (29,3% da área). Deste modo, as parcelas do tratamento T2 estavam 100% coberta com plantas de milho, enquanto que, as parcelas do tratamento T1 apresentavam 82,5% de suas áreas ocupadas com plantas de milho. A produtividade foi calculada levando em consideração esta diferença.

A análise de variância não detectou efeito significativo ($P > 0,05$) dos diferentes tratamentos na produtividade do milho (Tabela 1). No silviagrícola, a presença do componente arbóreo cobrindo parcialmente a área e interagindo com o componente lavoura,

produz um efeito que é regido pelo equilíbrio dinâmico entre competição e facilitação (Gea-lzquierdo et al., 2009). Por exemplo, a sombra das árvores pode favorecer as plantas de lavoura na medida em que diminui a temperatura de folha e o estresse térmico com efeitos sobre a fotossíntese; por outro lado, o sombreamento pode restringir a incidência de radiação fotossinteticamente ativa e também produzir efeitos sobre a fotossíntese. A intensidade de sombra que irá facilitar ou não a planta de lavoura, depende do arranjo e manejo dado às copas das árvores e das condições climáticas predominante na área durante o desenvolvimento da lavoura (Devkota et al., 2009; Brandle et al., 2004; Jose et al., 2000; Gillespie et al., 2000)

Os valores da produtividade do milho amostrados em T1 e T2 (sistema silviagrícola) variaram grandemente (Tabela 1) em relação aos obtidos no T3 (Testemunha), indicando a natureza de heterogeneidade horizontal (Brutsaert, 1982) e de extensa área de interface (Young, 1994) existente no silviagrícola; cada hectare tem 0, 706 km de linha de árvore, considerando os dois lados das linhas voltados para a faixa de lavoura de milho, a interface árvore-lavoura é de 1, 412 km ha⁻¹. A heterogeneidade horizontal é dada pela presença de copas das árvores na linha e pela ausência na entre-linha (faixa de lavoura), podendo ser representada pela condição variante entre a mínima e a máxima cobertura de copas (o que é determinado pelo espaçamento e tamanho das árvores), implicando em forte dissimilaridade, tanto horizontal quanto vertical na distribuição de calor e, ou, vapor d'água (Spolador et al., 2006). Tais condições além de alterar a incidência de radiação solar para o plano do dossel da lavoura diminuem a velocidade dos ventos incidentes sobre a área (Tamang *et al.*, 2010; Brandle *et al.*, 2004; Grala & Colletti, 2003), com consequências sobre o déficit de pressão de vapor e balanço de energia (Tamang *et al.*, 2010; Pezzopane et al., 2007), o que pode redundar em efeitos sobre a produtividade da lavoura.

Nas áreas adjacentes da linha de árvores pode ocorrer aumento da competição por luz, água e nutrientes, somando a isto, pressões por alelopatia e plantas daninhas também podem ocorrer, afetando negativamente o rendimento de lavouras (Kuemmel, 2003; Ong &

Huxley, 1996). Contudo, nutrientes podem ser transferidos por meio da liteira ou de exsudatos radiculares (Dias et al., 2007; Young, 1994) para as lavouras favorecendo o seu desenvolvimento ou mitigando efeitos de competição. Esses efeitos, bem como a sua influência no rendimento ou na qualidade da produção, são espacialmente heterogêneos (Kuemmel, 2003).

O efeito de proteção de quebra-ventos proporcionado pelas árvores e, ou, arbustos, favorecem a produtividade de lavouras (Brandle *et al.*, 2004; Wright & Brooks, 2002). Contudo, tal efeito positivo é mais dependente das espécies de lavoura e das condições climáticas reinantes durante o desenvolvimento destas no campo (Gea-Izquierdo *et al.*, 2009; Nuberg *et al.*, 2002). De modo geral, cereais sofrem com o sombreamento, mas certas vantagens podem ser observadas como o aumento de umidade proporcionado pela proteção de ventos em condições climáticas de seca (Kuemmel, 2003).

O rendimento médio do milho solteiro (L) e no silviagrícola (iLF), foi de $4.247,9 \pm 256,1 \text{ kg ha}^{-1}$ e $4.554,99 \pm 409,9 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente. A razão do efeito da interação (I) entre os componentes lavoura e árvore foi de 6,7%. Portanto, sendo $I > 0$ (equação 2), a lavoura de milho no sistema silviagrícola (iLF) apresentou melhor desempenho do que no sistema agrícola (L), provavelmente porque em iLF o impacto da estiagem que se abateu no momento da antese (Figura 1) foi menor, o que pode ser atribuído à proteção das árvores.

Tais rendimentos foram 36% e 32% menores do que rendimento médio, de 6.680 kg ha^{-1} , obtido na região dos Campos Gerais naquela safra (SEAB, 2010). Deve ser ressaltado que, o material genético de milho (Variedade IPR 114) utilizado, é menos produtivo do que material de milho híbrido que é plantado na quase totalidade das áreas produtoras de milho, o que contribui para a alta média regional. Segundo Garcia & Duarte (2006), o milho de sementes híbridas participa de 97% do mercado de sementes e são plantadas em 75% das áreas cultivadas com milho, enquanto que sementes de variedades participam com 3% do mercado e são plantadas em 25% das áreas.

Entretanto, no mesmo período da lavoura de milho, as árvores de eucalipto (33% das árvores plantadas) cresceram 2,32 cm em diâmetro e 205 cm em altura, o que correspondeu a $1,03 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de madeira acumulada em suplementação aos 4,5 mil kg ha^{-1} de milho obtido no silviagrícola. Ao final da lavoura de milho, o estoque de madeira de eucalipto na área silviagrícola era de $1,87 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Os incrementos da madeira das árvores, ou ainda outro produto florestal, (e.g.: frutos da aroeira, condimento conhecido como pimenta-rosa) são rendimentos adicionais do sistema iLF.

Mais estudos serão necessários para melhor entendimento das interações (facilitação e, ou, competição) entre componentes árvore e lavouras ao longo do tempo devido ao aumento das dimensões das árvores (tanto acima quanto abaixo do solo), o que oportunizará conhecimentos para estratégias diferenciadas de manejo, bem como da evolução da participação dos diferentes componentes no rendimento do sistema.

AGRADECIMENTOS

Aos funcionários da Estação Experimental Fazenda Modelo/IAPAR pelo suporte de campo para a realização deste trabalho.

CONCLUSÕES

A produtividade de grãos da lavoura de milho não foi negativamente afetada pela integração com árvores aos 29 meses de idade no arranjo espacial estudado.

O sistema silviagrícola favoreceu a lavoura de milho sob as condições climáticas reinantes na safra 2008/2009.

A avaliação de produtividade permite detectar os efeitos interativos de competição e facilitação (ou favorecimento) entre árvores e lavoura.

A causalidade dos efeitos quer sejam: a restrição da radiação solar; o uso da água do solo; o uso de nutrientes; exsudatos de raízes; alterações do déficit de pressão de vapor,

da velocidade do vento, da umidade relativa do ar, da evapotranspiração, da temperatura do ar, entre outras, devem ser alvo de estudos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, L. S.; SINCLAIR, F. L. Ecológica interactions in agroforestry systems.

Agroforestry Abstracts, v.6, n. 2, p. 57-91 1993.

BOGNOLA, I. A.; FASOLO, P. J. **Mapeamento dos solos e aptidão agrícola das terras da Fazenda Modelo - Ponta Grossa, PR**. Embrapa Florestas. Colombo, PR, p. CD-ROM. 2003. (Relatório Final - Contrato de Coop. Técnica n.21500,02/0023-1). Não Publicado.

BOTOSSO, P. C.; TOMAZELLO FILHO, M. Aplicação de faixas dendrométricas na dendrocronologia: avaliação da taxa do ritmo de crescimento do tronco de árvores tropicais e subtropicais. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARRELLA, W. [Org.] **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC/COMPED/INEP, 2001. 285p. p.145-171.

BRANDLE, J. R.; HODGES, L.; ZHOU, X. H. Windbreaks in North American agricultural systems. **Agroforestry Systems**, v. 61, n. 1, p.65-78. 2004.

BRUTSAERT, W. **Evaporation into the atmosphere. Theory, History, and Applications**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991. 293 p. 3a. reimpressão.

BURNER, D. M.; POTE, D. H.; BELESKY, D. P. Effect of loblolly pine root pruning on alley cropped herbage production and tree growth. **Agronomy Journal**, v. 101, n. 1, p.184-192, 2009.

CALLAWAY, R. M.; WALKER, L. R. Competition and facilitation: A synthetic approach to interactions in plant communities. **Ecology**, v. 78, n. 7, p.1958-1965, 1997.

DEVKOTA, N. R.; KEMP, P. D.; HODGSON, J.; VALENTINE, I.; JAYA, I. K. D. Relationship between tree canopy height and the production of pasture species in a silvopastoral system based on alder trees. **Agroforestry Systems**, n. 76, p.363-364, 2009. doi: 10.1007/s10457-008-9192-8

DIAS, P.F.; SOUTO, S.M.; RESENDE, A.S.; URQUIAGA, S.; ROCHA, G.P.; MOREIRA, J.F.M.; FRANCO, A.A. Transferência do N fixado por leguminosas arbóreas para o capim Survenola crescido em consórcio. **Ciência Rural** [online]. 2007, vol. 37, no. 2, pp. 352-356. ISSN 0103-8478. doi: 10.1590/S0103-84782007000200009.

GARCIA, J. C.; DUARTE, J. O. Perspectiva do uso de sementes transgênicas na produção de milho no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 44, 2006, Fortaleza. **Anais**. Fortaleza: SOBER/BNB, 2006. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/5/179.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2010.

GEA-IZQUIERDO, G.; MONTERO, G; CANELLAS, I. Changes in limiting resources determine spatio-temporal variability in tree-grass interactions. **Agroforestry Systems**, n. 76, p. 375-387. 2009.

GILLESPIE, A. R.; JOSE, S.; MENGEL, D. B.; HOOVER, W. L.; POPE, P. E.; SEIFERT, J.R., BIEHLE, D.J., STALL, T.; BENJAMIN, T. J. Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the mid-western USA: 1. Production physiology. **Agroforestry Systems**, n. 48, p. 25-40. 2000.

GRALA, R. K.; COLLETTI, J. P. Estimates of additional Maize (*Zea mays*) yields required to offset costs of tree-windbreaks in Midwestern USA. **Agroforestry Systems**, v. 59, n. 1, p.11-20. 2003.

IAPAR - Instituto Agronômico do Estado do Paraná. **Cartas climáticas do Estado do Paraná 1994**. Londrina, IAPAR, 1994. 49 p. ilustr. (IAPAR, Documento, 18).

JOSE, S.; ALLEN, S. C.; NAIR, P. K. R. Tree-crop interactions: lessons from temperate alley-cropping systems. In: BATISH, D. R.; KOHLI, R. K.; JOSE, S.; SING, H. P. **Ecological Basis of Agroforestry**. Nova York: Crc Press - T & F Group, 2008. p. 15-31. 382 p.

JOSE, S.; GILLESPIE, A. R.; SEIFERT, J. R.; BIEHLE, D. J. Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the Midwestern USA. 2- Competition for water. **Agroforestry Systems**. v.48, p.41-59, 2000.

KHO, R. M. Approaches to Tree-Environment-Crop Interactions. In: BATISH, D. R. *et al.* (Ed.) **Ecological Basis of Agroforestry**. Nova York: CRC Press – T & F Groups, 2008. P.51-72.

KUEMMEL, B. Theoretical investigation of the effects of field margins and hedges on crops yields. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, n. 95, p. 287-392.

MILLER, A. W.; PALLARDY, S. G. Resource competition across the crop-tree interface in a maize-silver maple temperate alley cropping stand in Missouri. **Agroforestry Systems**, v. 53, n.3, p. 247-259. 2001.

NUBERG I. K.; MYLIUS S. J.; EDWARDS J. M.; DAVEY, C. Windbreak research in a South Australian cropping system. **Australian Journal of Experimental Agriculture**. v. 42, 2002. p. 781–795. doi:10.1071/EA02014

ONG, C.K; H. HUXLEY [ed.]. **Tree – Crop Interactions. A Physiological approach**. CAB INTERNATIONAL, Wallingford, UK, 1996. 385 p.

PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JÚNIOR, M. P.; GALLO, P. B. Balanço de energia em cultivo de café a pleno sol e consorciado com banana `Prata Anã`. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Piracicaba, v.15, n.2, p.169-177, 2007.

REIS, H. E.; MAGALHÃES, L. L.; OFUGI, C.; MELIDO, R. C. N. Agrossilvicultura no Cerrado, região noroeste do Estado de Minas Gerais. In: FERNANDES, E. N.; PACUILLO, D. S.; CASTRO, C. R. T.; MULLER, M. D.; ARCURI, P. B.; CARNEIRO, J. C. (Ed.) **Sistemas Agrossilvipastoris na América do Sul: Desafios e potencialidades**: Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2007. p.137-154.

REYNOLDS, P. E.; SIMPSON, J. A.; THEVATHASAN, N. V.; GORDON, A. M. Effects of tree competition on corn and soybean photosynthesis, growth, and yield in

a temperate tree-based agroforestry intercropping system in southern Ontario, Canada. **Ecological Engineering**, n.29, p.362-371. 2007.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCELTM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n.1, p.133-137, 1998.

SEAB. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná. **Boletim Diário DERAL -2009 - milho**. 2009. Disponível em: <http://www.seab.pr.gov.br/modules/qas/uploads/1892/milho_04fev2009.pdf>.

Acesso em: 20/01/2010

SEAB. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná. **Estimativa de Safra**. 2010. Disponível em: <<http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/pss.xls>>. Acesso em: 20/03/2010

SIOGA, P. S.; GERAGE, A. C.; ARAUJO, P. M.; SERA, G. H. **Avaliação estadual de cultivares de milho safra 2008/2009**. Londrina: IAPAR, 2009. 65p. (Série Informe da Pesquisa, n. 157)

SPOLADOR, J.; SANCHES, L.; COSTA, M. H. Radiação fotossinteticamente ativa em uma floresta de transição Cerrado-Amazônica. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.21, n.3b, 301-307, 2006.

STATSOFT, INC. **Statistica for Windows 5.0. Computer program manual**. Tulsa, OK: Statsoft, 1996.

TAMANG, B.; ANDREU, M. C.; ROCKWOOD, D. Microclimate patterns on the leeward side of single-row tree windbreaks during weather conditions in Florida farms: implications for improved crop production. **Agroforestry Systems**, Online: 10/02/2010. 12p. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/j5j1h7826q073800>>. Acesso em: 05 mar. 2010. doi: 10.1007/s10457-010-9280-4

WRIGHT, A. J.; BROOKS, S. J. Effect of windbreaks on potato production for the Atherton Tablelands of North Queensland. **Australian Journal of Experimental Agriculture**. v. 42, p.797–807. 2002. doi:10.1071/EA02015

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**. 4. ed. Wellingdorf: CAB International, 1994. p.276

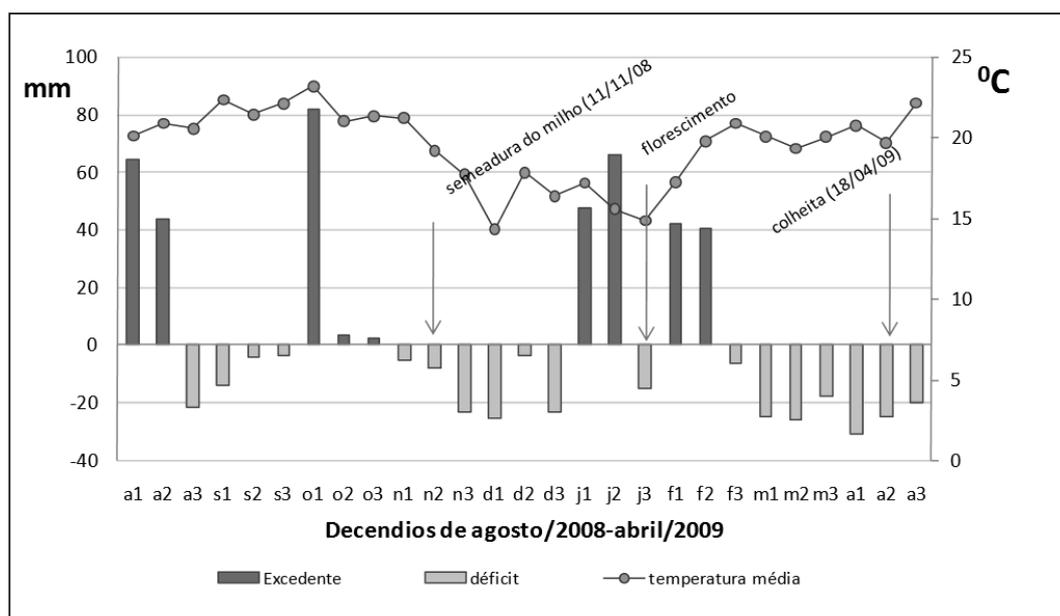


Figura 1. Extrato do balanço hídrico e temperatura média no período de outubro/2008 a abril/2009. Dados disponibilizados pelo Simepar- Estação 25135001- para a região de Ponta Grossa, PR

Tabela 1. Produtividade do milho (var. IPR144) nos sistemas agrícola (L) e silviagrícola (iLF), nas condições edafoclimáticas dos Campos Gerais, EEFM/IAPAR, Ponta Grossa-PR. Safra 2008-09.

| Forma de uso da terra | | Kg ha ⁻¹ | CV% | F _{calc.} | F _{tab.} | p-valor |
|-----------------------|--------------|---------------------|-------|--------------------|-------------------|---------|
| Tratamentos | | | | | | |
| Sistema agrícola | | | | | | |
| | (T3) | 4.247,87 | 14,77 | | | |
| (L) | | | | | | |
| meio da | | | | | | |
| Sistema | alameda (T2) | 5.078,75 | 30,82 | 1,3849 | 4.1028 | 0,29447 |
| silviagrícola (iLF) | | | | | | |
| | adjacente ao | | | | | |
| | renque (T1) | 4.031,23 | 25,58 | | | |

7. CAPÍTULO III - Desempenho de bovinos de corte em pastagens anuais de inverno sob sistemas de integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta

Resumo –

Com o objetivo de avaliar o desempenho de bovinos de corte em pastagens de inverno no sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) e no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), foram avaliados dois níveis de adubação nitrogenada nos dois sistemas com pastagens compostas de aveia forrageira e azevém anual (*Avena strigosa* Schreb, *A.sativa* L. e *Lolium multiflorum* Lam.). Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados arranjos em fatorial 2 x 2. O pastoreio foi contínuo com lotação variável e altura de manejo da pastagem em 20 cm. A massa de forragem (média de 2.523,8 kg MS ha⁻¹) no ILP foi significativamente superior (P<0,05) à massa de forragem no ILPF (média de 2.210,3 kg MS ha⁻¹), no entanto não foram detectadas diferenças (P>0,05) no ganho médio diário (GMD) dos animais (0,86±0,31 kg ha⁻¹ dia⁻¹), nem no ganho de peso por área que, em média sobre os dois ciclos de pastejo (2010/2011), foi de 440,6± 75,9 kg ha⁻¹. O crescimento de bovinos de corte em pastagem de inverno com aveia e azevém sob ILPF foi similar ao crescimento obtido em ILP.

Termos para indexação: produção animal; agrossilvipastoril; silvipastoril; eucalipto; *Lolium multiflorum*; *Avena*

Performance of beef cattle in pastures of annual winter in integration of crop-livestock and crop-livestock-forestry systems.

Abstract

In order to evaluate the performance of beef cattle in winter pastures in integrated crop-livestock (ICL) and integrated crop-livestock-forestry (ICLF) systems, were evaluated two

nitrogen fertilization levels in the two systems with pasture composed of oats and annual ryegrass (*Avena strigosa* Schreb, *A.sativa* L. and *Lolium multiflorum* Lam.). We used the experimental design with three replications of randomized complete block arranged in a 2 x 2 factorial. The grazing method was continuous with variable stocking rate, in order to maintain the sward at 20 cm height. Forage mass (average 2,523.8 kg DM ha⁻¹) in ICL was significantly higher (P<0.05) for forage mass in ILCF (average 2,210.3 kg DM ha⁻¹), however not differences were detected (P>0.05) in average daily gain (ADG) of animals (0.86 ± 0.31 kg ha⁻¹ day⁻¹), nor in weight gain per area, averaged over the two grazing cycles (2010/2011), was 440.6 ± 75.9 kg ha⁻¹. The performance of beef cattle grazing winter oats and ryegrass understory ICLF was similar to performance achieved in ICL.

Index terms: silvopasture; agroforestry; eucalyptus tree; *Lolium multiflorum*; *Avena*

Introdução

A utilização de sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) sob plantio direto na palha vem sendo praticada em diferentes regiões do país (Balbino et al., 2011). Os benefícios da ILP têm sido demonstrados por vários autores e o Simpósio Internacional em Integração Lavoura-Pecuária apresentou uma síntese dos principais estudos desenvolvidos sobre ILP em diferentes condições edafoclimáticas, socioeconômicas e culturais (SIMPÓSIO..., 2007).

O uso integrado de lavoura e pastagem tem despertado o interesse de agricultores que buscam a diversificação de seus sistemas de produção e a superação dos problemas advindos dos cultivos anuais sucessivos (Moraes et al. 2007), tais como pragas, plantas indesejadas e doenças. Sabe-se, por exemplo, que as gramíneas forrageiras são resistentes à maioria das pragas e doenças (Cobucci et al., 2001; Kluthcouski et al. 2000) e, por isso, podem quebrar o ciclo dos agentes bióticos nocivos às plantas cultivadas, resultando em menor uso de

defensivos agrícolas (Vilela et al, 2008; Oliveira et al., 2001). Assim é extremamente desejável que a utilização de pastagens constituídas por gramíneas anuais entrem como componentes em sistemas de produção integrados. Ademais, a integração lavoura-pecuária tem contribuído para redução do custo de recuperação e implantação de pastagens.

Estudos comprovam a eficiência de sistemas de integração lavoura-pecuária na melhoria das propriedades químicas e físicas do solo (Anghinoni et al.,2011; Salton, 2007; Franzluebbers, 2007) no uso de fósforo (Anghinoni et al., 2007; Sousa et al, 1997) e do nitrogênio (Assmann et al., 2003); na dinâmica de fungos micorrízicos (Miranda et al., 2005); e na captura de carbono atmosférico com mitigação da emissão de gases de efeito estufa (Cerri et al., 2010). Fontanelli et al. (2000) registraram maior renda líquida por área em sistemas de ILP em relação a sistemas convencionais de produção de grãos, isto é, que não utilizavam a pecuária. Ainda nesse sentido, por meio das análises da rentabilidade e do risco da adoção de determinada tecnologia, Ambrosi et al. (2001) constataram que o sistema de ILP possui menor risco de insucesso econômico em relação a sistemas que utilizam somente grãos.

Nas condições edafoclimáticas subtropicais brasileiras, em acordo com Balbinot Jr (2009), “o uso da ILP constitui uma estratégia de elevada importância devido à carência de alternativas de cultivos agrícolas economicamente viáveis durante o inverno”. Período no qual o cultivo de pastagens hibernais representa oportunidade para a intensificação econômica, e constitui oportunidade de negócio para os agricultores (Silva et al., 2011) com efeito sobre o aumento de rendimentos e redução dos custos de produção (Balbinot Jr. et al., 2009).

Além da utilização de pastagens como estratégia para a intensificação econômica de áreas agrícolas no período hibernar, a inclusão de árvores constitui uma diversificação de produção da área que estará, concomitante com a produção agrícola e pastoril, produzindo madeira (Müller et al., 2011) e oportunizando novos negócios para o produtor rural.

Ademais, em relação ao manejo do ambiente pastoril, novos interesses tem surgido e, além da otimização da qualidade e quantidade de produção animal (Sanderson et al., 2004), almejam maior sustentabilidade do agroecossistema por meio da redução no uso de insumos, maior proteção do solo e água, sequestro de carbono atmosférico, aumento da biodiversidade e do aumento da resiliência dos agroecossistemas (Conway, 1987).

Assim, a inclusão de árvores nos sistemas de integração lavoura-pecuária atende aos princípios ecológicos discutidos por Sanderson et al. (2004) para o aumento da biodiversidade e produção de serviços ambientais em áreas de pastagens. Por exemplo: Nair et al. (2011) relatam estudos que indicam que os sistemas com a inclusão de árvores (ILPF) armazenam maior quantidade de carbono do que seus componentes isolados em monocultivos, tanto acima quanto abaixo da superfície do solo.

A associação de árvores e pastagens com animais tem sido estudada nas condições tropicais (Bernardino, et al, 2011; Soares et al., 2007; Fernandes et al. 2007), nas condições subtropicais (Lacorte & Esquivel; 2009; Otto et al., 2009; Menarim Filho, 2007; Ribaski et al., 2005) e temperadas (Benavides et al, 2009; Garret et al, 2004), os resultados tem demonstrado que a tecnologia se constitui factível.

O efeito de interação entre plantas pode ser positivo (favorecimento), neutro ou negativo (competição), e depende de diversos fatores ecológicos (Callaway & Walker, 1997; Gillespie et al., 2000). Nas interações entre as árvores e pastagem em um sistema silvipastoril este efeito pode oscilar do favorecimento à competição, e vice-versa, com estágios interativos coexistindo no tempo e espaço (Anderson & Sinclair, 1993; Ong & Huxley, 1996; Jose et al., 2008; Gea-Izquierdo et al., 2009). Contudo, tais resultados são desconhecidos em sistemas silvipastoris com forrageiras anuais nas condições subtropicais do Brasil.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de bovinos jovens de corte em pastagens de inverno nos sistemas ILP e ILPF. Foram avaliados os efeitos da presença ou

ausência das árvores na produtividade da pastagem, e os efeitos da adubação nitrogenada na produção da pastagem e no ganho de peso animal em ambos os sistemas. A hipótese em estudo é de que, se o efeito de competição entre árvores e as forrageiras for superado, ou compensado, pelo efeito de favorecimento/facilitação que pode ser proporcionado pelo arranjo espacial das árvores em alamedas, então a presença de árvores não causa diferenças na produtividade da pastagem sob diferentes doses de adubação nitrogenada e, conseqüentemente, também não tem diferença na produção animal.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido entre os meses de junho e outubro de 2010 e de 2011 em área da Estação Experimental “Fazenda Modelo” do Instituto Agrônomo do Paraná (EEFM/IAPAR) em Ponta Grossa, Paraná (25°07'22” S; 50°03'01” W; e altitude de 953 m). O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cfb subtropical úmido mesotérmico, com temperatura média anual de 17,6° C, variando entre máximas de 24,3° C, e mínimas de 8,5° C. A precipitação média entre 1.400 e 1.600 mm anuais, distribuída ao longo do ano, com leve declínio nos meses de abril a agosto (IAPAR,1994).

O experimento utilizou uma área de 12,3 ha, sendo 4,8 ha destinado para o sistema de ILP e 7,5 ha para o sistema de ILPF; as áreas são contíguas e caracterizadas por uma associação de solos classificados como Cambissolo Háptico Distrófico típico e Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura arenosa, em classe de relevo entre 4 e 9% declividade, segundo levantamento semidetalhado de solos da EEFM/IAPAR (Bognola & Fasolo, 2003), com face de exposição Norte.

Desde o plantio das árvores em outubro de 2006, a área de ILPF vinha sendo manejada no sistema de plantio direto com lavouras de milho e soja para produção de grãos, e aveia preta+avevém anual para cobertura do solo no inverno, uma vez que as árvores não tinham

porte para suportar a entrada de animais no sistema. A área de ILP vinha sendo utilizada para pastagem convencional em regime extensivo.

Na área destinada à avaliação com ILPF, o componente arbóreo foi plantado com mudas de árvores das espécies de eucalipto (*Eucalyptus dunnii* Maiden), aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) e grevilea (*Grevillea robusta* A. Cunn. ex R. Br.) dispostas alternadamente na mesma linha de plantio. O arranjo espacial foi em filas simples, com espaçamento de 14m x 3m, alocadas transversalmente ao sentido predominante da declividade do terreno. Este arranjo foi preconizado para promoção do controle do escoamento superficial das águas de chuva, e para que o deslocamento de máquinas e de animais seja predominantemente transversal ao sentido da declividade.

Em novembro de 2009, com base no mapeamento das características químicas e físicas do solo realizado conforme princípios da agricultura de precisão (Molin, 2002), as áreas receberam adubação corretiva do solo mediante a aplicação fracionada de 260 kg e 350 kg K₂O por hectare; 54 kg e 72 kg de P₂O₅ por hectare; e, 900 kg, 1200 kg e 1400 kg de gesso agrícola por hectare. A aplicação dos corretivos foi realizada a lanço sem incorporação sobre palha dessecada de aveia+avevém. Ambas as áreas foram cultivadas com o sorgo forrageiro para pastejo direto por bovinos, que foi adubado no plantio com 12 kg N ha⁻¹; 42 kg de P₂O₅ ha⁻¹; 24 kg K₂O ha⁻¹, e com aplicação em cobertura de 180 kg.ha⁻¹ de N na forma de uréia.

A análise de solos coletado em 30/04/2010 apresentou as seguintes características químicas das áreas para a camada de 0-20cm de profundidade: pH em CaCl₂: 5,5; P: 4,7 mg.dm⁻³; K: 0,23 cmolc.dm⁻³; C: 12,9 g.dm⁻³; Al: 0,00 cmolc.dm⁻³; Ca: 2,79 cmolc.dm⁻³; Mg: 1,89 cmolc.dm⁻³; CTC: 8,45 cmolc.dm⁻³; e V%: 58% . E teores de argila, areia e silte de 19%, 78% e 3%, respectivamente.

Foram realizados dois ciclos de avaliação: Em 2010, o pastoreio ocorreu no período de 23 de junho a 17 de setembro e, em 2011, de 14 de junho a 10 de outubro.

A pastagem foi estabelecida sob método de plantio direto nas datas de 05/5/2010 com 93 kg ha⁻¹ de sementes de aveia forrageira (*Avena strigosa* Schreb) e 40 kg ha⁻¹ de sementes de azevém anual (*Leon multiflorum* L. cv. Comum) e em 19/4/2011 com 68 kg ha⁻¹ de sementes de aveia forrageira (*A.sativa* L.) e 25 kg de sementes de azevém anual (*Leon multiflorum* L. cv. Comum). Foram utilizados 12 kg N ha⁻¹; 42 kg de P₂O₅ ha⁻¹; 24 kg K₂O ha⁻¹, por ocasião da semeadura e, 90 kg ha⁻¹ e 180 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia, respectivamente para os dois níveis de adubação nitrogenada avaliados.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com os tratamentos arranjados em esquema fatorial (2 x 2), com duas doses de adubação nitrogenada e dois sistemas de pastagem cultivada composta por aveia preta+azevém anual. Foram testadas as seguintes combinações: 90 kg N ha⁻¹ e 180 kg N ha⁻¹, em ambos os sistemas. Três blocos foram avaliados. As parcelas dos tratamentos ILP ocuparam em média 0,95±0,19 ha, e as parcelas sob ILPF ocuparam 1,1±0,33 ha.

O método de pastoreio foi o contínuo com carga variável. Cada parcela contou com três animais *testers* e um número variável de animais reguladores, através da técnica “put and take” de Mott & Lucas descrita em Euclides & Euclides Filho (1998) , de modo a manter a pastagem na altura de 20 cm (Carvalho, 2005). A medição da altura da pastagem foi realizada semanalmente, com o auxílio do bastão graduado “sward stick”, em 100 pontos tomados aleatoriamente por unidade experimental. Tais avaliações tinham objetivo de ajustar a carga animal. Os animais utilizados eram da raça Purunã, os *testers* foram bezerros com peso médio de 173,5±6,3 kg (no ano de 2010) e bezerras com peso médio de 181,9±7,3 (no ano de 2011). Os animais foram distribuídos nas parcelas considerando-se o peso médio, de forma a manter o peso médio similar em todas as parcelas. Durante o período experimental, os animais receberam água e sal mineralizado à vontade.

Para a caracterização bromatológica da pastagem foram realizadas coletas a cada 21 ± 2 dias, de forma aleatória, de 5 amostras de $0,25 \text{ m}^2$ (delimitada por um quadrado de ferro de 50 cm x 50 cm) por parcela, cortadas rente ao solo. Após secagem a 65°C até peso constante para a determinação da matéria seca; o material seco foi moído e armazenado para posterior análise laboratorial. Uma amostra composta das parcelas com mesmo nível de adubação nitrogenada em cada sistema, para cada período de coleta, foi separada e enviada para análise pelo emprego da espectrometria de reflectância no infravermelho proximal (NIRS) (Marten et al., 1983), no laboratório do Centro de Pesquisa em Alimentação (Cepa) da Universidade de Passo Fundo.

A avaliação da taxa de acúmulo de matéria seca (TAD) foi estimada pelo emprego da técnica de gaiolas de exclusão com triplo emparelhamento (Moraes et al., 1990). Em cada unidade experimental, duas gaiolas (no ano de 2010) e três gaiolas (no ano de 2011), foram utilizadas. As gaiolas tinham dimensões de 1 m x 1m x 1m. A TAD foi estimada pela diferença entre a massa seca da amostra colhida dentro da gaiola na data da amostragem (G_i) e a massa seca da amostra colhida fora da gaiola na data da amostragem anterior (E_{i-1}), dividida pelo número de dias entre as avaliações (21 dias em média). As amostras foram colhidas rente ao solo e dentro dos limites de um quadrado de ferro com dimensões de 50 x 50 cm.

A produção total de matéria seca (PMST) foi estimada somando-se a massa de forragem inicial às massas de forragem obtidas a cada intervalo de avaliação (TAD multiplicada pelo número de dias de cada ciclo de pastejo). A oferta de forragem foi calculada por meio da fórmula: $OF = (MF/n + TAD) * 100/CA$, onde: OF= oferta de forragem (%); MF= massa de forragem (kg de MS ha^{-1}) = $[(MF \text{ inicial} + MF \text{ final}) / 2]$; n = número de dias do ciclo de pastejo; TAD = taxa de acúmulo de forragem ($\text{kg de MS ha}^{-1}\text{dia}^{-1}$); CA = carga animal média do ciclo de pastejo (kg de PV ha^{-1}).

Os animais foram pesados no início do experimento, na data de entrada nas parcelas, nos dias 23/06/2010 e 14/06/2010 e a cada 21 dias até o final do experimento. Todas as pesagens dos animais foram realizadas após jejum prévio de sólidos e líquidos de 18 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 parcela multiplicada pelo número de dias que cada animal permaneceu na parcela, dividido pelo número total de dias do período de pastejo. O ganho médio diário dos animais (GMD, $\text{kg animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) foi obtido periodicamente pela diferença entre o peso final e inicial dos animais *testers* dividido pelo número de dias transcorridos entre as pesagens. O ganho de peso vivo por hectare (Gha, kg ha^{-1}) foi determinado pela multiplicação entre GMD, lotação por parcela e número de dias que permaneceram em pastejo.

No estabelecimento das pastagens foram medidos a altura e o diâmetro do tronco na altura de 1,30m do solo (DAP) das árvores de eucalipto e grevilea, as árvores de aroeira não foram avaliadas devido aos danos causados pelo gado durante o pastejo com sorgo forrageiro (Tabela 1). Todas as árvores estavam desramadas até a metade de suas respectivas alturas. O incremento de madeira, durante os dois ciclos de pastejo (23 de junho a 17 de setembro de 2010 e de 14 de junho a 10 de outubro de 2011), foi estimado por meio dos dados de diâmetro a altura do peito (DAP) e altura total (H) das árvores, obtidos do monitoramento dendrométrico realizado mensalmente por meio da utilização de cintas dendrométricas (Botosso & Tomazello Filho, 2001) com precisão de 0,5 mm. O volume do tronco foi calculado usando a equação para o volume de cone:

$$Vt = \pi \div 4 \times DAP^2 \times H \times 1/3 \quad [1].$$

Análises de variância (ANOVA) foram realizadas com os dados da CA, GMD, Gha, TAD, MF, OF para testar a significância estatística dos fatores: ano, bloco, período, sistema

de uso da terra e adubação e de suas interações, exceto com o bloco. Os dados foram analisados tendo bloco como um efeito aleatório e os outros fatores como efeitos fixos. O fator período foi “aninhado” em cada ano e introduzido no modelo como um fator repetido no tempo. Os dados de oferta de forragem (OF) foram transformados com o emprego da função $x^{0,618}$ para atender ao teste de normalidade.

Resultados e discussão

A oferta de forragem (OF) teve efeito dos fatores ano e período, com 12% e 18% de participação na explicação da variância total (Tabela 2). A OF foi superior ($P < 0,05$) no ano de 2011 ($11,3 \pm 0,54\%$) em comparação com o ano de 2010 ($7,9 \pm 0,6\%$). Esses valores estão relacionados com a massa de forragem superior ao longo dos períodos de pastejo em 2011. Em média para os dois anos, a maior OF (11,5%) ocorreu no terceiro período (Tabela 3), quando a pastagem atingia as maiores taxas de acúmulo de matéria seca, coincidindo com o início de declínio da curva de produção da aveia (Machado, 2000) e o estabelecimento do topo da curva de produção do azevém (Mittelman, 2005).

Para a TAD (Tabela 2), nenhum dos fatores exerceu efeito significativo ($P > 0,05$). Em 2010 a TAD média foi de $47,36 \pm 4,97$ kg MS ha⁻¹ dia⁻¹ e, em 2011, foi de $46,22 \pm 4,44$ kg MS ha⁻¹ dia⁻¹. Independentemente do sistema e, ou, adubação, maiores valores médios de TAD foram registrados no quinto período de avaliação com $59,12 \pm 9,60$ kg MS ha⁻¹ dia⁻¹. Esse valor é inferior ao relatado por Silva et al. (2011) e Aguinaga et al. (2008) que observaram valores de TAD de 74 kg MS ha⁻¹ dia⁻¹ e 66 kg MS ha. dia⁻¹, respectivamente, em pastagem de aveia + azevém em condições de solos de maior fertilidade.

A massa de forragem (MF), foi afetada pelos fatores período do ano e sistema, que explicaram 26% e 3%, respectivamente, da variância total (Tabela 2). A massa de forragem (MF) foi significativamente diferente ($P < 0,05$) entre os períodos do ano (Tabela 3). No

sistema ILP a massa de forragem (média de 2.523,83 kg MS ha⁻¹) foi significativamente superior ($P < 0,05$) à massa de forragem no ILPF (média de 2.210,28 kg MS ha⁻¹). Este resultado não confirma a expectativa de que poderia ocorrer efeito positivo (facilitação/favorecimento) capaz de superar os efeitos da competição exercida pelas árvores sobre as forrageiras aveia e azevém. Provavelmente porque, o efeito protetivo das árvores (Sibbald et al., 1991; Gregory, 1995; Sartor et al., 2006) deixa de ser evidenciado sob condições climáticas normais do ambiente (Gregory, 1995; Brandle et al., 2004; Kirchner et al., 2010) e a pastagem sem árvores expressa mais produtividade já que as espécies foram selecionadas para ambientes sem restrição luminosa. Por exemplo, Sartor et al. (2006) registraram maior produção para aveia e azevém em condições arborizadas do que na condição a pleno sol, durante um experimento que ocorreu sob condições de estresse climático (60% menos precipitação pluvial).

Independentemente do sistema (ILP ou ILPF) os resultados obtidos reafirmam o papel estratégico da adubação da pastagem de aveia + azevém no inverno, para a obtenção de produtividade na fase pastoril dos sistemas sem comprometer a produção de biomassa (palhada) para o plantio direto da lavoura de verão.

A análise de variância para carga animal (CA), ganho médio diário (GMD), ganho por área (Gha) e altura da pastagem (HP) mostra que somente os fatores ano, período do ano e adubação nitrogenada exercem maior peso relativo (45%) na explicação da variância total (Tabela 4). Exceção para as variáveis GMD e Gha, sobre as quais o fator ano não teve efeito significativo, enquanto que o fator adubação teve efeito significativo somente sobre o GMD e HP. Na altura de pastagem (HP) os fatores ano e período, contribuem, respectivamente com 13% e 45 % da variância total explicada.

A carga animal (CA) sofreu efeito significativo ($P < 0,01$) dos fatores ano, período do ano e para a interação ano x sistema, com 14%, 31% e 7% da variância total explicada,

respectivamente, por esses fatores (Tabela 4). No entanto, não houve diferença significativa ($P>0,05$) nos valores da CA para a comparação entre ILP e ILPF, resultados similares foram obtidos Castilhos et al. (2009) e Paciullo et al. (2009), em sistemas silvipastoris com pastagens perenes. Em média, para os dois anos de avaliação ($n=54$), a carga animal no sistema ILP foi de $1069,98\pm 302,0$ kg ha⁻¹ e no ILPF foi de $1014,37\pm 242,9$ kg ha⁻¹. No ano de 2010, a CA média foi de $934,13\pm 215,70$ kg ha⁻¹ ($n=48$), enquanto que no ano de 2011 a CA foi de $1128,61\pm 286,67$ kg ha⁻¹ ($n=60$). Esses valores estão condizentes com valores registrados em outros trabalhos que avaliaram bovinos jovens em pastagem composta por aveia+azevém (e. g. Restle et al., 2002; Bandinelli et al., 2005; Silva et al., 2011).

A interação entre os fatores ano e sistema, para a CA foi promovida pela diferença significativa ($P<0,05$) de $194,49\pm 77,32$ kg ha⁻¹ entre os anos, o que foi causado pela maior duração do ciclo de pastoreio (108 dias em 2011 contra 87 em 2010), uma vez que o fator sistema não apresentou efeito significativo sobre a CA (Tabela 4).

O GMD foi influenciado pelo período do ano e a adubação, explicando 47% e 43% da variância total, respectivamente. Na média dos períodos de pastejo, houve diferença significativa no ganho de peso dos animais, o GMD foi menor no primeiro e último períodos (Tabela 5), nos demais períodos variaram de 0,85 a 1,10 kg por animal. Menores ganhos no período inicial também foram registrados por Restle et al. (2000) trabalhando com bezerras de corte em idade média de 10 meses. Embora a pastagem apresentasse mais de 12,1% de proteína bruta (Tabela 5), qualidade suficiente para atender a exigência nutricional de bezerros e bezerras (NRC, 2010) é possível que no período inicial de pastejo, o conteúdo de água presente na pastagem tenha limitado o consumo por falta de capacidade física do rúmen dos animais, conforme observado por Restle et al. (2000). Uma vez que a oferta de forragem não era limitante (Tabela 3). Além do que, o período de adaptação dos animais à dieta na pastagem de aveia + azevém, coincide com o primeiro período de pastejo.

O GMD nos sistemas, ILP e ILPF, não foram estatisticamente diferentes ($P>0,05$), com média geral de $0,86\pm 0,310$ kg ha⁻¹ dia⁻¹. Esse resultado está condizente com valores encontrados na literatura para resultados de trabalhos que utilizaram animais de peso inicial, aproximadamente de 200 kg, como os deste experimento (Restle et al, 2000; Difante et al., 2006; Pötter et al., 2010).

O ganho por área (Gha) também teve efeito significativo do ano (Tabela 4) com diferenças significativas entre os períodos de avaliação (Tabela 4), mas não apresentou diferença significativa ($P>0,05$) entre os sistemas. A média geral para o ganho de peso por área nos dois anos de avaliação foi de $440,6\pm 75,9$ kg ha⁻¹.

O Gha declina em baixas taxas de lotação em razão no menor número de animais. Ao longo dos períodos de pastejo a carga animal diminuiu em razão do declínio da TAD, da proposta de manutenção da altura da pastagem em 20 cm e das mudanças no estágio fenológico das espécies, o que pode trazer aumento de teores de FDA FDN e diminuição da digestibilidade das forrageiras (Tabela 6).

Embora resultados de pesquisa com forragens hibernais, em sistemas silvipastoris (com a presença de animais) nas condições subtropicais brasileiras, sejam inexistentes, os resultados de pesquisa com tais forrageiras sob restrição luminosa, demonstram que a qualidade e quantidade de forragem é influenciada pela espécie forrageira presente (Garcez Neto et al., 2010; Barro et al., 2008), pela espécie arbórea, seu manejo e densidades de indivíduos (Kirchner et al., 2010; Garret et al., 2004), além de outros fatores agronômicos e ambientais, como por exemplo, o efeito protetivo das árvores durante eventos de estresse climático, fato que pode promover a maior produtividade de forrageiras (Sartor et al., 2006; Rakocevic & Ribaski, 2003; Gregory, 1995; Sibbald et al., 1991).

Sistemas de ILPF com as configurações arbóreas (densidade, idade e arranjo) e o adequado manejo da pastagem como praticados neste trabalho, não interferem negativamente

sobre o desempenho animal. Em termos de produção por área, a ILPF oportunizou o crescimento de árvores madeireiras ao mesmo tempo em que bovinos de corte puderam ganhar peso. Para os dois ciclos de pastejo, o eucalipto (72 árvores ha⁻¹) incrementou 6,3 m³ de madeira ha⁻¹ (2,6 m³ ha⁻¹ em 2010 e 3,7m³ ha⁻¹ em 2011), a grevilea (68 árvores ha⁻¹) 0,8 m³ de madeira ha⁻¹ (0,3 m³ ha⁻¹ em 2010 e 0,5 m³ ha⁻¹ em 2011). O estoque de madeira ha⁻¹, ao final do primeiro ciclo de pastejo (2010) haviam 8,2 m³ e ao final do segundo ciclo (2011) eram 19,0 m³. A fase silviagícola, que ocorreu entre os dois ciclos de pastejo, incrementou 6,6 m³ de madeira ha⁻¹.

E, na medida em que a presença das árvores não diminua o desempenho da produção animal, constituirão um componente de renda importante e que ganha maior densidade econômica no tempo, com o aumento de volume por árvore, para a produção de madeira para serraria e laminação. A continuidade da pesquisa será necessária para determinar a magnitude espacial e temporal dos efeitos das árvores sobre as pastagens de inverno e sobre o desempenho animal.

Conclusão

A pastagem de aveia+azevém em sistemas de ILPF possibilita desempenho animal, em ganho médio diário de peso e ganho por unidade de área, semelhantes ao obtido no sistema ILP.

Em termos de produção por área, a ILPF oportunizou o crescimento de árvores madeireiras ao mesmo tempo em que bovinos de corte puderam ganhar peso.

Referências Bibliográficas

AGUINAGA, A. A. Q.; CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; PILAU, A.; AGUINAGA, A. J. Q.; GIANLUPPI, G. D. F. Componentes morfológicos e produção de forragem de

pastagem de aveia e azevém manejada em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 9, Set. 2008 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982008000900002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 18 Jan. 2012.

AMBROSI, I.; SANTOS, H. P.; FONTANELLI, R. S.; ZOLDAN, S. M. Lucratividade e risco de sistemas de produção de grãos combinados com pastagens de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.36, n.10, p.1213-1219, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2001001000001&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>

ANDERSON, L. S.; SINCLAIR, F. L. Ecological interactions in agroforestry systems. **Agroforestry Abstracts**, v.6 , n. 2, p. 57-91 1993.

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. [Eds.] **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.

ANGHINONI, I.; SOUZA, E. D.; ANDRADE COSTA, S. E. V. G.; FLORES, J. P. C. Dinâmica de fósforo, potássio, cálcio e magnésio em sistemas de integração lavoura-pecuária. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL EM INTEGRACAO LAVOURA-PECUARIA, 2007, Curitiba, PR. **Anais**. Curitiba, PR: Universidade Federal do Paraná; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Universidade do Estado de Ohio. 2007. CD-ROM.

ASSMANN, T.S.; RONZELLI JUNIOR, 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** 27: 675-683. 2003.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A.M.; PORFIRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MARTINEZ, G.B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELLI, R. S.; SANTOS, H. P.; FRANCHINI, J.C.; GALERANI, P.R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, Out. 2011 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2011001000001&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 05 Dez. 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000001>.

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.

BANDINELLI, D. G.; QUADROS, F. L. F.; MAIXNER, A. R.; SIMÕES, L. F. C.; MARTINS, C. E. N.; SILVA, A. C. F.; TREVISAN, N. B. BRUM, M. S.; AURÉLI, N. D. Desempenho animal em pasto de aveia e azevém com distintas biomassas de lâminas foliares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 12, Dec. 2005 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2005001200011&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 12 Dez. 2011.

BARRO, R.S.; SAIBRO, J.C.; MEDEIROS, R.B. et al. Rendimento de forragem e valor nutritivo de gramíneas anuais de estação fria submetidas a sombreamento por *Pinus elliottii* e ao sol pleno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.10, p.1721-1727, 2008. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-359801000110009&lng=e&nrm=iso>. Acessado em 12 Dez 2009.

BENAVIDES, R.; GRANT, D.; OSORO, K. Silvopastoralism in New Zealand: review of effects of evergreen and deciduous trees on pasture dynamics. **Agroforestry Systems**, v.76, n. 2, 2009. p.327-350. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1007/s10457-008-9186-6>>

Acessado em 13 Nov. 2009

BERNARDINO, F. S., TONUCCI, R.G., GARCIA, R., NEVES, J. C. L.; ROCHA, G. C. Produção de forragem e desempenho de novilhos de corte em um sistema silvipastoril: efeito de doses de nitrogênio e oferta de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 7, July 2011 . Disponível em

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982011000700003&lng=en&nrm=iso)

[35982011000700003&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982011000700003&lng=en&nrm=iso)>. Acessado em 15 Dez. 2011.

<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982011000700003>.

BOGNOLA, I. A.; FASOLO, P. J. **Mapeamento dos solos e aptidão agrícola das terras da Fazenda Modelo - Ponta Grossa, PR**. Embrapa Florestas. Colombo, PR, p. CD-ROM. 2003. (Relatório Final - Contrato de Coop. Técnica n.21500,02/0023-1).

BRANDLE, J. R.; HODGES, L.; ZHOU, X. H.. Windbreaks in North American agricultural systems. **Agroforestry Systems**, v. 61, n. 1, p.65-78. 2004

CALLAWAY, R. M.; WALKER, L. R. Competition and facilitation: A synthetic approach to interactions in plant communities. **Ecólogo**, v. 78, n. 7, p.1958-1965, 1997.

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

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.

COBUCCI, T.; KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Sistema Santa Fé: produção de forragem na entre safra. In: **Programa de integração agricultura e pecuária para o desenvolvimento sustentável das savana sul americanas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão (Documento, 123) /Embrapa Cerrado (Documento, 28), 2001. p.125-135.

EUCLIDES, V. P. B.; EUCLIDES FILHO, K. **Uso de animais na avaliação de forrageiras**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 1998. 59p. (EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 74). Disponível em <http://www.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/doc/doc_pdf/DOC074.pdf> Acessado em 07 Maio 2009.

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.

FRANZLUEBBERS, A. J. Soil Physical Aspects of Integrated Crop-Livestock Systems. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL EM INTEGRACAO LAVOURA-PECUARIA, 2007, Curitiba, PR. **Anais**. Curitiba, PR: Universidade Federal do Paraná; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Universidade do Estado de Ohio. 2007. CD-ROM.

GARCEZ NETO, A.F.; GARCIA, R.; MOOT, D.J. et al. Aclimação morfológica de forrageiras temperadas a padrões e níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.42-50, 2010.

GEA-IZQUIERDO, G.; MONTERO, G; CANELLAS, I. Changes in limiting resources determine spatio-temporal variability in tree-grass interactions. **Agroforestry Systems**, n. 76, p. 375-387. 2009

GILLESPIE, A. R.; JOSE, S.; MENGEL, D. B.; HOOVER, W. L.; POPE, P. E.; SEIFERT, J.R., BIEHLE, D.J.,STALL, T.; BENJAMIN, T. J. Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the mid-western USA: 1. Production physiology. **Agroforestry Systems**, n. 48, p. 25-40. 2000

GREGORY, N. G. The role of shelterbelts in protecting livestock: a review. **New Zealand Journal of Agricultura Research**, v.38, p.423-450, 1995.

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

JOSE, S.; ALLEN, S. C.; NAIR, P. K. R. Tree-crop interactions: lessons from temperate alley-cropping systems. In: BATISH, D. R.; KOHLI, R. K.; JOSE, S.; SING, H. P. **Ecological Basis of Agroforestry**. Nova York: Crc Press - T & F Group, 2008. p. 15-31. 382 p.

KIRCHNER, R.; SOARES, A.B.; SARTOR, L. R.; ADAMI, P. F.; MIGLIORINI, F.; FONSECA, L. Desempenho de forrageiras hibernais sob distintos níveis de luminosidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 11, Nov. 2010 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982010001100009&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 11 jan 2012. <http://dx.doi.org/10.1>

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L.P.; OLIVEIRA, I.P.; COSTA, J.L.S.; SILVA, J.G.; VILELA, L.; BARCELLOS, A.O.; MAGNABOSCO, C.U. **Integração lavoura/pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. 28p. (Circular Técnica, 38).

LACORTE, S. M.; ESQUIVEL, J. I. Sistemas silvopastoriles em La Mesopotamia Argentina. Reseña del conocimiento, desarrollo y grado de adopción. In: CONGRESO NACIONAL DE SISTEMAS SILVOPASTORILES, 1, 2009, Posadas, Misiones, Argentina. **Actas...** Posadas: INTA, 2009. p. 70-82.

LOPES, Marília Lazzarotto Terra et al . Sistema de integração lavoura-pecuária: desempenho e qualidade da carcaça de novilhos superprecoces terminados em pastagem de aveia e azevém manejada sob diferentes alturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, Fev. 2008 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782008000100029&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 28 Jan. 2012.

MACHADO, L. A. Z. **Aveia: forragem e cobertura do solo**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2000. 16p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Coleção Sistema Plantio Direto, 3)

MARTEN, G.C.; HALGERSON, J.L.; CHERNEY, J.H. Quality prediction of small grain forages by near infrared reflectance spectroscopy. **Crop Science**, v.23, p.94-96, 1983

MIRANDA, J. C. C.; VILELA, L.; MIRANDA, L. N. Dinâmica e contribuição da micorriza arbuscular em sistemas de produção com rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.40, n.10, p.1005-1014. 2005.

MITTELMANN, A. O melhoramento de azevém na Embrapa. In: **Seminário Caminhos do Melhoramento de Forrageiras e Dia de Campo de Melhoramento de Forrageiras (1. : 2004: Pelotas, RS)**. **Palestras do I Seminário Caminhos do Melhoramento de Forrageiras e Dia de Campo de Melhoramento de Forrageiras**, Pelotas, 2004 / Editores Andréa Mittelmann ... (et al.). - Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2005. 80 p. - (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 140)

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

MULLER, M. D.; NOGEUIRA, G. S.; CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. S.; ALVES, F. F.; CASTRO, R. V. O.; FERNANDES, E. N. Economic analysis of an agrosilvipastoral system for a mountainous area in Zona da Mata Mineira, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, Out. 2011. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2011001000005&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 14 Jan 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000005>.

NAIR, P.K.R.; TONUCCI, R.G.; GARCIA, R.; NAIR, V.D. Silvopasture and carbon sequestration with special reference to the Brazilian savanna (Cerrado). In: KUMAR, B.M.; NAIR, P.K.R. (Ed.). **Carbon sequestration potential of agroforestry systems: opportunities and challenges**. London: New York: Springer, 2011. p.145-162.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.rev.ed. Washington, D.C.: 2000. 248p. disponível em: <<http://www.nap.edu/catalog/9791.html>> Acesso em: 03 out. 2010

OLIVEIRA, I.P.; ROSA, S.R.A.; KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; COSTA, J.L. **Palhada no Sistema Santa Fé**. Informações Agronômicas, n.93, p.1-8, 2001.

ONG, C.K; H. HUXLEY [ed.]. **Tree – Crop Interactions. A Physiological approach**. CAB INTERNATIONAL, Wallingford, UK, 1996. 385 p

OTTO, G, M.; MOTTA, A. C. V.; REISSMAN, C. B. Adubação nitrogenada em sistema silvipastoril álamo: pastagens de inverno. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 3, Jun. 2009 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622009000300005&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 11 de Mar. 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622009000300005>.

PAYNE, W.J.A. A review of the possibilities for integrating cattle and tree crop production systems in the tropics. **Forest Ecology and Management**, n.12, p. 1-36, 1985.

POTTER, L.; ROCHA, M. G.; ROSO, D.; COSTA, V. G.; GLIENKE, C. L.; ROSA, A. N. Suplementação com concentrado para novilhas de corte mantidas em pastagens cultivadas de estação fria. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 5, Maio 2010 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982010000500008&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 06 Jan 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010000500008>.

RAKOCEVIC, M.; RIBASKI, J. The efficiency of *Brachiaria brizantha* Hochst, Ex. A. Rich., in a silvopastoral system in Southern Brazil. In: International conference natural and socio-economic effects of erosion control in mountainous regions, 2002. Belgrade, Yugoslavia. **Proceedings...** Belgrade. Faculty of Forestry, 2003. p.323-332.

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.

ROCHA, L. M.; CARVALHO, P. C. F.; BAGGIO, C.; ANGHINONI, A.; LOPES, M. L. T.; MACARI, S.; SILVA, J. L. S. Desempenho e características das carcaças de novilhos

superprecoces em pastos hibernais submetidos a intensidades de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, Out. 2011 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2011001000035&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 28 Jan. 2012.

SALTON, J. C. Dinâmica do carbono em sistemas de integração lavoura-pecuária. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL EM INTEGRACAO LAVOURA-PECUARIA, 2007, Curitiba, PR. **Anais**. Curitiba, PR: Universidade Federal do Paraná; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Universidade do Estado de Ohio. 2007. CD-ROM.

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.

SARTOR, L.R.; SOARES, A.B.; ADAMI, P. et al. Produção de forragem de espécies de inverno em ambiente sombreado. **Revista Synergismus Scientifica**, v.1, n.1, p.13-21, 2006.

SIBBALD, A. R.; GRIFFITHS, J. H.; ELSTON, D. A. The effects of the presence of widely spaced conifers on under-story herbage production in the U.K. **Forest Ecology and Management**, n. 45, p. 71-77, 1991.

SILVA, H. A.; MORAES, A. de.; CARVALHO, P. F. C.; PONTES, L. S. Desempenho de novilhas leiteiras em pastagens anuais de inverno sob sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, Out. 2011 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2011001000034&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 22 Dez. 2011.

SOARES, A. B.; SARTOR, L. R.; ADAMI, P. F.; VARELLA, A. C.; FONSECA, L.; MEZZALIRA, J. C. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies

forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 3, Mar. 2009 .Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-5982009000300007&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 07 maio 2010.

SOUSA, D.M.G., VILELA, L., REIN, T.A., LOBATO, E. Eficiência da adubação fosfatada em dois sistemas de cultivo em um latossolo de Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD-ROM.

SOUZA, W.; BARBOSA, O. R.; MARQUES, J. R.; COSTA, M. A. T.; GASPARINO, E.; LIMBERGER, E. Microclimate in silvipastoral systems with eucalyptus in rank with different heights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 3, Mar. 2010 . Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982010000300030&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 30 Nov 2010.

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G.B.; MARCHÃO, R.L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; BARIONI, L.G.; BARCELLOS, A.de O. Integração lavoura-pecuária. In: FALEIRO, F.G.; FARIAS NETO, A.L. de (Ed.). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina: Embrapa Cerrados; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p.931-962.

Tabela 1. Diâmetro do tronco (DAP), altura, e sobrevivência das árvores de eucalipto e grevilea em sistema agrossilvipastoril, por ocasião do estabelecimento das pastagens de inverno em 2010 e em 2011. EEFM/IAPAR, Ponta Grossa-PR.

| Espécie arbórea | Idade (meses) | | | | Sobrevivência |
|--|----------------|------------|-----------------|------------|---------------|
| | 44 | | 55 | | |
| | (Maio de 2010) | | (Abril de 2011) | | % |
| | DAP (cm) | Altura (m) | DAP (cm) | Altura (m) | |
| <i>Eucalyptus dunnii</i> (eucalipto) | 17,2 ± 0,7 | 9,7 ± 0,3 | 22,5 ± 0,9 | 12,8 ± 0,3 | 91 |
| <i>Grevillea robusta</i> (grevilea) | 7,4 ± 0,5 | 5,7 ± 0,2 | 11,5 ± 0,4 | 8,1 ± 0,2 | 86 |
| <i>Schinus terebinthifolius</i> (⁽¹⁾ aroeira) | - | - | - | - | - |

⁽¹⁾ Espécie danificada pelo gado durante o pastejo sobre sorgo forrageiro cultivado no verão de 2009/10.

Tabela 2. Proporções relativas da variância explicada (VE) e da significância estatística das relações de F (p) a partir das análises de variância para a taxa de acúmulo diário (TAD), massa seca de forragem (MF), oferta de forragem (OF).

| Fonte de Variação | TAD (kg ha ⁻¹ dia ⁻¹) | | | MF (kg MS ha ⁻¹) | | OF (kg MS/100kg PV dia ⁻¹) | |
|-------------------|---|-----|----|---------------------------------|----|---|----|
| | GL | V.E | P | V.E | P | V.E | P |
| Ano (A) | 1 | <1 | ns | 1 | ns | 12 | ** |
| Período (B) | 7 | 6 | ns | 26 | ** | 18 | ** |
| Bloco | 2 | <1 | ns | 5 | * | 1 | ns |
| Sistema (C) | 1 | <1 | ns | 3 | * | <1 | ns |
| Adubação (D) | 1 | <1 | ns | 1 | ns | <1 | ns |
| A x C | 1 | <1 | ns | 1 | ns | 2 | ns |
| A x D | 1 | <1 | ns | 2 | ns | <1 | ns |
| B x C | 4 | 7 | ns | 2 | ns | 2 | ns |
| B x D | 4 | 1 | ns | 2 | ns | 5 | ns |
| C X D | 1 | <1 | ns | 1 | ns | <1 | ns |

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

Tabela 3. Taxa de acúmulo diário de forragem (TAD), massa seca de forragem (MF) e oferta de forragem (OF) em pastagem de aveia forrageira+azevém. Médias dos sistemas arborizados (ILPF) e não-arborizados (ILP) e duas doses de adubação nitrogenada ($90 \text{ kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ e $180 \text{ kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$), de junho a setembro. EEFM/IAPAR, Ponta Grossa-PR, 2010-11.

| Período ⁽¹⁾ | TAD (kg MS ha ⁻¹ dia ⁻¹) | MF (kg MS ha ⁻¹) | OF (%) |
|------------------------|--|---------------------------------|---------------|
| Primeiro (n=24) | 47,08±7,68 a ⁽²⁾ | 2868,9±168,23 a | 10,21±1,00 ab |
| Segundo (n=24) | 51,83±7,40 a | 2514,3± 157,31 a | 9,87±0,94 ab |
| Terceiro (n=24) | 43,39±4,95 a | 2517,1± 137,78 a | 11,50±1,02 a |
| Quarto (n=24) | 37,71±6,45 a | 1941,7± 189,49 b | 8,75±0,92 b |
| Quinto (n=12) | 59,12±9,6 a | 1687,0± 231,30 b | 7,50±1,07 b |

⁽¹⁾ Primeiro período, 23/6 a 14/7/2010 e 14/6 a 12/7/2011; segundo período, 14/7/2010 a 4/8/2010 e 12/7/2010 a 28/7/2011; terceiro período, 4/8/2010 a 26/8/2010 e 18/8/2011 a 9/9/2011; quarto período, 26/8/2010 a 17/9/2010 e 18/8/2011 a 9/9/2011; quinto período, de 9/9/2011 a 30/9/2011. ⁽²⁾ Médias±desvio padrão seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Análise de variância para carga animal (CA), ganho médio diário (GMD), ganho por hectare (Gha) e altura de pasto (HP) com as proporções relativas (%) da variância total explicadas (VE).

| Fonte de variação | GL | CA | | GMD | | Gha | | HP | |
|-------------------|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|
| | | V.E | p | V.E | p | V.E | p | V.E | p |
| Ano (A) | 1 | 14 | ** | 11 | ns | 1 | ns | 13 | ** |
| Período (B) | 7 | 31 | ** | 47 | ** | 31 | ** | 45 | ** |
| Bloco | 2 | <1 | ns | 3 | ns | 3 | ns | 7 | ns |
| Sistema (C) | 1 | <1 | ns | 1 | ns | 1 | ns | 2 | * |
| Adubação (D) | 1 | <1 | ns | 43 | ** | <1 | ns | 2 | * |
| A x C | 1 | 7 | * | - | - | - | - | 1 | * |
| B x C | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - |

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

Tabela 5 . Ganho médio diário (GMD), ganho por área (Gha), carga animal (CA), altura da pastagem (HP) e oferta de forragem (OF) obtidos obtido em pastagem de aveia forrageira+azevém. Médias dos sistemas arborizado (ILPF) e não-arborizado (ILP), duas doses de adubação nitrogenada ($90 \text{ kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ e $180 \text{ kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$) e dois anos de avaliação (2010 e 2011) em cinco períodos de pastejo (junho a setembro) . EEFM/IAPAR, Ponta Grossa-PR, 2010-11.

| Período ⁽¹⁾ | GMD (kg PV dia ⁻¹) | Gha (kg ha ⁻¹) | CA (kg PV ha ⁻¹) | HP (cm) |
|------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------|
| Primeiro (n=24) | 0,55±0,22 c | 112,5±57,05 a | 1159,2±348,66 a | 23,0±2,6 a |
| Segundo (n=24) | 1,10±0,21 a | 111,3±38,85 a | 1071,8±235,70 ab | 20,5±3,9 b |
| Terceiro (n=24) | 1,02±0,21 a | 103,5±28,25 a | 1076,0±246,67 ab | 19,0±4,1 b |
| Quarto (n=24) | 0,85±0,31 b | 63,7±22,41 b | 920,6±258,74 c | 14,7±4,5 c |
| Quinto (n=12) | 0,74±0,14 b | 54,4±8,59 b | 924,2±110,04 bc | 18,7±3,4 b |

⁽¹⁾ Primeiro período, 23/6 a 14/7/2010 e 14/6 a 12/7/2011; segundo período, 14/7/2010 a 4/8/2010 e 12/7/2010 a 28/7/2011; terceiro período, 4/8/2010 a 26/8/2010 e 18/8/2011 a 9/9/2011; quarto período, 26/8/2010 a 17/9/2010 e 18/8/2011 a 9/9/2011; quinto período, de 9/9/2011 a 30/9/2011. Médias±desvio padrão seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade.

Tabela 6. Teores médios de Proteína Bruta (PB), Fibra em Detergente Acido (FDA), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Nutrientes Digestíveis Totais (NDT) Digestibilidade *in vitro* da Matéria Seca (DIVMS), da pastagens de aveia+azevém arborizada (ILPF) e não-arborizada (ILP) sob duas doses de adubação nitrogenada (90 kg ha⁻¹ano⁻¹ e 180 kg ha⁻¹ano⁻¹). Médias de dois anos (2010 e 2011), em cinco períodos de pastejo (junho a setembro). EEFM/IAPAR, Ponta Grossa, PR.

| SISTEMA/ ADUBAÇÃO | PB (%) | FDN (%) | FDA (%) | NDT (%) | DIVMS (%) |
|----------------------------------|--------------------------|------------|------------|------------|--------------|
| ILP/90 | 17,1±5,92 ⁽¹⁾ | 58,6±5,20 | 39,7±4,43 | 60,1±3,10 | 58,0±3,45 |
| ILP/180 | 17,2±6,42 | 59,9±5,78 | 39,7±4,43 | 59,4±3,13 | 57,2±3,48 |
| ILPF/90 | 16,6±7,11 | 60,2±6,46 | 40,9±5,26 | 59,2±3,68 | 57,0±4,09 |
| ILPF/180 | 16,9±6,34 | 60,2±5,92 | 40,4±5,15 | 59,6±3,60 | 57,4±4,01 |
| PERÍODOS DE PASTEJO | | | | | |
| I (n=8) | 26,7±1,62 ⁽²⁾ | 52,4±1,42 | 33,1±1,28 | 64,7±0,90 | 63,1±1,00 |
| II (n=8) | 18,8±0,85 | 57,4±1,46 | 39,3±1,1 | 60,3±0,77 | 58,3±0,86 |
| III (n=8) | 14,5±0,47 | 61,0±1,30 | 42,0±0,48 | 58,4±0,33 | 56,2±0,37 |
| IV (n=8) | 11,7±0,46 | 64,1±1,06 | 44,1±0,43 | 57,0±0,30 | 54,6±0,34 |
| V ⁽³⁾ (n=4) | 10,7±0,50 | 63,8±0,73 | 42,9±0,86 | 57,8±0,61 | 55,5±0,67 |

Médias±desvio padrão; ⁽²⁾ Médias ± erro-padrão. ⁽³⁾ I) Primeiro período, 23/6 a 14/7/2010 e 14/6 a 12/7/2011; II) segundo período, 14/7/2010 a 4/8/2010 e 12/7/2010 a 28/7/2011; III) terceiro período, 4/8/2010 a 26/8/2010 e 18/8/2011 a 9/9/2011; IV) quarto período, 26/8/2010 a 17/9/2010 e 18/8/2011 a 9/9/2011; V) quinto período, de 9/9/2011 a 30/9/2011.

8. CAPÍTULO IV - Produtividade e componentes de rendimento da soja em sistema de integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta

Productivity and yield component of soybean in an integrated crop-livestock and crop-livestock-forestry systems

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade da lavoura de soja na integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e possíveis gradientes de resposta da produtividade em relação a proximidade da linha de árvores, bem como identificar a contribuição relativa dos componentes de rendimento para a produção final de grãos em cinco distâncias relativas às linhas de árvores tendo como testemunha a integração lavoura-pecuária (ILP). Foi utilizado um delineamento de blocos ao acaso com duas repetições, arranjados em esquema de subparcelas em faixas, com dois tratamentos principais (dois níveis de adubação nitrogenada residual), dois tratamentos secundários (ausência e presença de raízes das árvores) e cinco tratamentos (4 posições em relação aos renques arbóreos e uma posição não arborizada – na ILP) em sub-subparcelas. A análise de variância detectou efeito significativo ($P < 0,05$) somente dos tratamentos em sub-subparcelas. O componente de rendimento, massa de 1000 grãos, e a produtividade diferiram significativamente (teste de Duncan, $P < 0,05$) entre as posições. A produtividade da soja, no sistema ILP, foi 19% superior à produtividade obtida no sistema ILPF que foi de 3.730 kg ha⁻¹.

Palavras-chave: silviagrícola; agrossilvipastoril; sombreamento;

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the performance the soybean crops in integrated crop-livestock-forestry (ICLF) system and potential gradients yield response in relation to the tree row proximity, as well as identifying the relative contribution of yield components for final grain production in five positions of relative the trees, having as control an area with integrated crop-livestock (ICL) - without tree component. We used a randomized block design with two replications, arranged in a split plot in strips, with two main treatments (two levels of residual nitrogen), two secondary treatments (absence or presence of tree roots) and five treatments (four positions along the rows of trees and a position (witness) trees – in ICLF system) in sub-subplots. The analysis of variance detected a significant effect ($P < 0.05$) only in the sub-subplot treatments. The 1000 grain weight was significantly (Duncan test, $P < 0.05$) different between positions, as well as productivity. Soybean yield in the ICL system, was 19% higher than the yield obtained in ICLF system that was 3,730 kg ha⁻¹.

Key words: Alley-cropping; agroforestry; shading

INTRODUÇÃO

As produtividades de lavouras integradas com árvores (silviagrícola) podem aumentar ou diminuir dependendo do arranjo espacial (REYNOLDS *et al.*, 2007; REIS *et al.*, 2007), da mitigação da competição por umidade (MILLER & PALLARDY, 2001), da dimensão e manejo das árvores no tempo (BURNER *et al.*, 2009; DEVKOTA *et al.*, 2009; REIS *et al.*, 2007) e da espécie agrícola (KUMMEL, 2009), entre outros fatores.

A redução na produtividade dos cultivos agrícolas plantados entre aléias tem sido atribuída à sombra das árvores, tanto nas condições tropicais, quanto nas regiões temperadas (BURNER *et al.*, 2009). Adicionalmente, a competição por umidade do solo tem sido relatada como o principal fator limitante de cultivos entre renques arbóreos, tanto de regiões semi-

áridas tropicais (ONG & HUXLEY, 1996) como de regiões temperadas (JOSE *et al.* 2000). Nas condições do Cerrado brasileiro, cultivos agrícolas anuais tem sido utilizados durante os primeiros dois anos para a conversão de pastagens convencionais em sistemas silvipastoris, com resultados economicamente viáveis (COELHO *et al.*, 2008; SOUZA *et al.*, 2007). No entanto, resultados de cultivos agrícolas com árvores em idade mais avançada ainda não estão disponíveis.

O efeito de interação entre plantas pode ser positivo (favorecimento), neutro ou negativo (competição), e depende de diversos fatores ecológicos (CALLAWAY & WALKER, 1997; GILLESPIE *et al.*, 2000). Nas interações entre as árvores e lavouras em um sistema silviagrícola este efeito pode oscilar do favorecimento à competição, e vice-versa, com estágios interativos coexistindo no tempo e espaço (ANDERSON & SINCLAIR, 1993; ONG & HUXLEY, 1996; JOSE *et al.*, 2008; GEA-IZQUIERDO *et al.*, 2009). Contudo, tais resultados são desconhecidos em sistemas silviagrícolas sob plantio direto nas condições subtropicais do Brasil.

O conhecimento da relação entre características de crescimento e desenvolvimento da planta com os componentes de rendimento é importante para o entendimento dos efeitos resultantes da interação entre árvores e lavouras em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta.

Os principais componentes de rendimento em soja, são: número de legumes por unidade de área, número de grãos por legume, e peso médio dos grãos. O número de legumes é resultado do balanço entre produção de flores por planta e a proporção de fixação destas que se desenvolvem até legumes. O número de flores por planta resulta do produto entre flores por nó e número de nós por planta (JIANG & EGLI, 1993; NAVARRO Jr & COSTA, 2002b). O número de grãos por legume é condicionado pelo fato de que as cultivares atuais são selecionadas para formar três grãos por legume (NAVARRO Jr & COSTA, 200b), enquanto

que o peso médio de grãos, embora seja geneticamente determinado (PANDYE & TORRIE, 1973) é expresso como resultado fenotípico, sujeito às influências do ambiente produtivo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o rendimento da lavoura de soja na integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e identificar possíveis gradientes de produtividade em relação a proximidade da linha de árvores. A contribuição relativa dos componentes de rendimento para a produção final de grãos foi avaliada em quatro distâncias relativas às linhas de árvores tendo como testemunha a integração lavoura-pecuária (ILP). As hipóteses em estudo são as de que: a presença das árvores é positiva para a produtividade da lavoura desde que o efeito resultante da competição entre árvores e lavoura seja superado ou compensado pelo efeito de favorecimento que pode ser proporcionado pelo cultivo em aléias protegidas pelos renques arbóreos; e que existem diferenças na produtividade em função da relativa proximidade com linha de plantio das árvores.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Fazenda Modelo/IAPAR, em Ponta Grossa, Paraná (25°07'22" S; 50°03'01" W; e altitude de 953m), em área onde o solo é uma associação de Cambissolo Háplico Distrófico típico e Latossolo Vermelho Distrófico típico, conforme o levantamento semidetalhado de solos da EEFM/IAPAR (BOGNOLA & FASOLO, 2003), em classe de relevo entre 3% e 9% de declividade com face de exposição Norte. Sendo 4,8 ha para o sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) e 6,9 ha para o sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) com árvores das espécies de eucalipto (*Eucalyptus dunnii* Maiden), aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi) e grevilea (*Grevillea robusta* A. Cunn. ex R. Br.) plantadas em outubro de 2006.

Em junho de 2009 foram instalados, com duas repetições, os tratamentos para a separação do efeito das raízes das árvores. Com o auxílio de uma retroescavadeira, foram

abertas valetas (0,4 m de largura x 1,0 m de profundidade x 20 m de extensão) em ambos os lados da linha de árvore, as raízes foram podadas e uma cortina de polietileno (200 micras de espessura) foi colocada cobrindo toda uma face vertical de cada valeta (1,0 m de profundidade), em seguida a valeta foi preenchida com a terra retirada.

Em novembro de 2009, com base no mapeamento das características químicas e físicas do solo realizado conforme princípios da agricultura de precisão (Molin, 2002), as áreas foram corrigidas mediante a aplicação fracionada de 450 kg e 600 kg cloreto de potássio (KCl) por hectare; 300 kg e 400 kg de superfosfato simples por hectare; e, 900 kg, 1200 kg e 1400 kg de gesso agrícola por hectare. A aplicação dos corretivos foi realizada a lanço sem incorporação sobre palha dessecada de aveia+azevém.

Seguiu-se os pastoreios na pastagem de sorgo forrageiro (verão de 2009-10) e na pastagem de aveia+azevém (inverno de 2010). No pastoreio de inverno, duas doses de nitrogênio (90 e 180 kg ha⁻¹) foram aplicadas com três repetições em cada sistema de uso da terra (ILP e ILPF).

Em 21/10/2010, procedeu-se a aplicação do herbicida de ingrediente ativo (i.a.) *Glyfosate* na dosagem de 2,5 L ha⁻¹ de produto comercial (p.c.), e, em 04/11/2010 a semeadura da cultivar de soja “CD-202”, tratada com inoculante líquido de *Bradyrhizobium* e inseticida de i.a. *Captana* na dosagem de 80 g de p.c. para cada 100 kg de sementes, com semeadora-adubadora para o método de plantio direto sobre palha de aveia-preta + azevém anual. O espaçamento entre linhas de soja foi de 0,45 m, com 13 sementes por metro linear, objetivando a população de 280.mil plantas ha⁻¹. A adubação no sulco de semeadura foi de 72 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 240 kg ha⁻¹ de K₂O; e em adubação de cobertura, aos 23 dias depois do plantio, foram 42 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio.

Os tratos fitossanitários foram: aplicação com fungicida de i.a. *Epoxiconazol* 0,5 L ha⁻¹ de p.c. + óleo mineral 0,1 L ha⁻¹ em 09/12/2010; aplicação em mistura de tanque do

herbicida de i.a. *Chlorimuron-ethyl* 80 g ha⁻¹ de p.c.+ inseticida de i.a. *Lufenuron* 0,08 L ha⁻¹ de p.c. em 10/12/2010; aplicação de herbicida de i.a. *Cletodim* 0,4 L ha⁻¹ de p.c. + óleo mineral 0,4 L ha⁻¹ em 26/12/2010; aplicação em mistura de tanque de fungicida de i.a. *Azoxystrobin* + *Cyproconazole* 0,084 L ha⁻¹ de p.c. e inseticida de i.a. *Diiflubenzuron* 45 g ha⁻¹ de p.c. + óleo mineral 0,5 l ha⁻¹ em 04/01/11; fungicida de i.a. *Azoxystrobin* + *Cyproconazole* 0,084 L ha⁻¹ de p.c. + óleo mineral 0,5 L ha⁻¹, em 20/01/2011; fungicida de i.a. *Epoxiconazol* 0,5 L ha⁻¹ de produto p.c. + óleo mineral 0,12 L ha⁻¹ em 15/02/2011.

Para avaliação dos componentes de rendimento e produtividade, com base na localização relativa e proximidade dos renques arbóreos, o delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com duas repetições, arranjados em esquema de subparcelas em faixas, com dois tratamento principais (adubação nitrogenada residual de 90 kg N ha⁻¹ e 180 kg N ha⁻¹), dois tratamentos secundários (ausência (SR) ou presença (CR) de raízes das árvores) obtidos mediante o isolamento ou não das raízes e, cinco tratamentos terciários (sub-subparcelas). A sub-subparcelas foram quatro localizações (faixas) relativas à linha de árvores e a testemunha em área sem árvores (T1 e T4, faixas distais à linha de árvores, respectivamente, acima e abaixo da linha de árvores); T2 e T3, faixas proximais à linha de árvores, respectivamente, acima e abaixo da linha de árvores (Anexos 1 e 2); e T0, cultivo solteiro da soja (ILP).

Em 07/04/2010, com a lavoura no estágio R8 foi realizada a contagem de plantas existentes em 10 m de duas linhas centrais de cada sub-subparcela. Dez plantas foram coletadas, mediante o corte rente ao solo, para avaliações dos componentes de rendimento: número de legumes por unidade de área (leg m⁻²), número de legumes por planta (leg plt⁻¹), número de grãos por legume (grãos leg⁻¹), peso de grãos por planta (g plt⁻¹), peso de mil grãos (g); e também para as características morfofisiológicas, tais como: número de ramos por

planta, comprimento de ramos, número de nós férteis nos ramos e na haste principal, número de legumes contendo um, dois, três ou mais grãos.

Considerou-se ramos todas as estruturas com pelo menos dois nós. O comprimento dos ramos foi determinado a partir de seu ponto de inserção na haste principal até o último, medindo-os estendidos. O comprimento da haste principal foi considerado como a estatura de planta, e foi determinado a partir do ponto de corte executado na coleta até o último nó, mantendo-a estendida. Foi considerado como fértil o nó que tivesse no mínimo um legume com um grão de tamanho normal.

A massa de grãos da soja, dentro de cada subparcela, foi avaliada mediante a colheita de três linhas centrais (1,20 m x 15,0 m) colhidas com uma colheitadeira de parcelas, imediatamente após a trilha, foi feita a determinação do percentual de umidade para a amostra de cada subparcela utilizando um determinador digital de umidade de grãos. Os dados de produtividade por parcela foram obtidos pela transformação da massa de grãos, corrigida para 13% de umidade.

A densidade média final de plantas de soja por unidade de área foi de $24,5 \pm 0,5$ plantas m^2 , o que correspondeu à uma população de 245 mil plantas ha^{-1} o que foi coerente com a recomendação para população de plantas da cultivar em regiões altas (Coodetec, sd). O afastamento da primeira linha de plantio da soja nas posições proximais (T2 e T3) aos renques foi, em média, de $1,05 \pm 0,1$ m.

No plantio da lavoura foram medidos a altura e o diâmetro do tronco na altura de 1,30m do solo (DAP) das árvores de eucalipto e grevilea (Tabela 1), as árvores de aroeira não foram avaliadas devido aos danos causados pelo gado durante o pastejo com sorgo forrageiro. Todas as árvores estavam desramadas até a metade de suas respectivas alturas. O incremento de madeira, durante os a lavoura de soja foi estimado por meio dos dados de diâmetro a altura do peito (DAP) e altura total (H) das árvores, obtidos do monitoramento dendrométrico

realizado mensalmente por meio da utilização de cintas dendrométricas (BOTOSSO & TOMAZELLO Filho, 2001) com precisão de 0,5 mm. O volume do tronco foi calculado usando a equação para o volume de cone:

$$Vt = \pi \div 4 \times DAP^2 \times H \times 1/3$$

[1].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Somente o fator posição exerceu efeito significativo ($P < 0,05$) sobre a produtividade e sobre as variáveis morfofisiológicas e de componentes de rendimento (Anexo 1 e 2). O número de ramos, número de nós férteis por ramos e massa de grãos nos ramos diferiram entre os tratamentos (Tabela 2).

A produção de ramos por planta na posição T4, foi inferior às demais, e também apresentou, em valores absolutos, o menor comprimento de ramos ($17,24 \pm 2,03$ cm). Observou-se que as posições com maior número de ramos por planta apresentaram ramos de maior comprimento, e que essa característica estava correlacionada ($R^2_{\text{ajustado}} = 0,9130$) com o número de nós férteis nos ramos.

O número de nós férteis na planta inteira e na haste principal não diferiu entre as posições. A média de nós férteis na planta inteira foi de 21. A haste principal apresentou 44,9% do total de nós produzidos pela planta, enquanto que os ramos representaram 55,1%. Deste modo, o número de nós férteis nos ramos foi componente importante para a produção das plantas de soja nas diferentes posições.

A massa de grãos nos ramos foi diferente somente para a posição T2 (Tabela 2), que apresentou a menor massa de grãos (6,7 g). Nessa posição, a massa de grãos nos ramos correspondeu a 40,6% da massa de grão na planta inteira, enquanto que nas demais posições a massa de grãos foi, em média, de 46,4%.

Quanto ao número de legumes por planta, a análise de variância detectou efeito significativo para as variáveis legumes com zero grãos e legumes com três grãos. A posição T2 apresentou o maior valor médio de legumes com zero grãos, o que contribuiu para a menor massa de grãos (tanto nos ramos quanto na massa de 1000 grãos) (Tabelas 2 e 3). Enquanto que o maior valor médio de legumes com três grãos (15,2 legumes por planta) foi verificado na posição T1.

Em termos relativos, a maior proporção de grãos por legume foi de legumes contendo dois grãos (48,8%), o que está em acordo com resultados encontrados na literatura (NAVARRO Jr & COSTA, 2002a; GUBIANI, 2005), embora a maioria das cultivares atuais tenham sido selecionadas para formar três grãos por legume (Mcblain & HUME, 1981), a competição entre estruturas reprodutivas no racemo da soja pode iniciar o processo de abortamento, originando legumes com um e com dois grãos (Navarro Jr & Costa, 2002b). Nas posições dentro do sistema ILPF, além da competição intrínseca às estruturas reprodutivas no racemo da soja, a produção de fotoassimilados pode ter sido afetada negativamente pela restrição de radiação solar (sombreamento) e competição por água e nutrientes ocasionados pela presença das árvores. Apesar de que, neste estudo, o fator raiz (presença ou ausência) não teve efeito significativo ($P > 0,05$) sobre as variáveis avaliadas (Anexos 1 e 3).

Durante o período de enchimento dos grãos, o sombreamento reduz o número de flores por planta e pode promover a abscisão de legumes (JIANG & EGLI, 1993), também reduz a acumulação de matéria seca (Kumudini et al., 2008), assim as posições proximais ao renque (T2 e T3), que recebem mais sombra ao longo do dia, apresentaram menor massa de grãos nos ramos (Tabela1), menor número de legumes com três grãos, menor peso de 1000 grãos e menor massa de grãos por planta.

A Figura 1 mostra as diferenças de produtividade obtidas em cada tratamento, fica evidente o efeito supressor do componente arbóreo sobre o componente agrícola, na medida

do afastamento para o centro da aleia (posições 1 e 4) a produtividade foi significativamente maior do que nas posições proximais ao renque, mas ainda assim, sendo impactada pela presença das árvores, ou seja, menor do que produção obtida na condição sem árvores (Testemunha).

Este resultado não confirma a expectativa de que poderiam ocorrer efeitos positivos (facilitação/favorecimento) sobre a produtividade da lavoura de soja capaz de superar os efeitos de competição exercido pelas árvores. Uma explicação poderia ser porque o efeito de favorecimento das árvores, como os demonstrado pela utilização de quebra-ventos sobre a produtividade de lavouras (BRANDLE et al., 2004; WRIGHT & BROOKS, 2002) é dependente das espécies de lavouras e das condições climáticas reinantes durante o desenvolvimento destas no campo (GEA-IZQUIERDO et al., 2009; NUBERG et al., 2002), ademais, sob condições normais para o desenvolvimento da lavoura o efeito protetivo das árvores deixa de ser evidenciado (GREGORY, 1995; KUEMMEL, 2003; BRANDLE et al., 2004; KIRCHNER et al., 2010). Outra explicação seria o fato de que os cultivares de soja, em condições normais de cultivo, tem a produtividade afetada negativamente quanto lhes é imposto algum nível de restrição luminosa (JIANG & EGLI, 1993; MATHEW et al., 2000; KUMUDINI et al., 2008).

Confirmou-se a expectativa da existência de diferença na produtividade baseada na localização relativa e proximidade com a linha de árvores, sem, no entanto evidenciar zonas de favorecimento (posições distais ao renque).

Apesar de a produtividade dentro do sistema arborizado (ILPF) ter sido, em média, 19% menor do que na Testemunha (4.604 kg ha^{-1}), ainda assim alcançou 3.730 kg ha^{-1} , o que é comparável à produtividade média obtida na região (3.476 kg ha^{-1}) para a safra 2010-11 (SEAB & DERAL, 2012).

Ao final da lavoura da soja, o eucalipto (72 árvores ha⁻¹) havia acumulado 13,2 m³ de madeira ha⁻¹ (5,7 m³ ha⁻¹ somente durante o cultivo da soja), a grevilea (68 árvores ha⁻¹) 1,4 m³ de madeira ha⁻¹ (0,9 m³ ha⁻¹ durante o cultivo da soja). Em termos de produção por área, a ILPF oportunizou o crescimento de árvores madeireiras ao mesmo tempo em que o cultivo de grãos se desenvolveu e, na medida em que a presença das árvores não diminua a produtividade de grãos e, ou, apresentem crescimento suficientemente elevado, irão se constituir em um componente de renda importante, ganhando maior densidade econômica no tempo, com a produção de madeira para serraria e laminação. A continuidade da pesquisa será necessária para determinar a magnitude espacial e temporal dos efeitos das árvores sobre as lavouras de grãos e otimização da combinação dos componentes.

CONCLUSÕES

O sistema de integração lavoura-pecuária (ILP) produziu 19% a mais de soja do que o sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). A competição das árvores foi determinante na produtividade da soja dentro do sistema ILPF.

A produtividade de soja em sistema ILPF foi alta (mais de 3,5 ton ha⁻¹), o que permite a integração com o componente arbóreo nas condições deste estudo.

AGRADECIMENTOS

Ao técnico em agropecuária, Giliard Stafin, da EEFM/IAPAR, pelo apoio na condução da lavoura.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, L. S.; SINCLAIR, F. L. Ecological interactions in agroforestry systems. **Agroforestry Abstracts**, v.6 , n. 2, p. 57-91 1993.

BOGNOLA, I. A.; FASOLO, P. J. **Mapeamento dos solos e aptidão agrícola das terras da Fazenda Modelo - Ponta Grossa, PR**. Embrapa Florestas. Colombo, PR, p. CD-ROM. 2003. (Relatório Final - Contrato de Coop. Técnica n.21500,02/0023-1).

CALLAWAY, R. M.; WALKER, L. R. Competition and facilitation: A synthetic approach to interactions in plant communities. **Ecology**, v. 78, n. 7, p.1958-1965, 1997.

CESB – Comitê Estratégico Soja Brasil. Cases. In: **II Fórum Nacional de Produtividade, 2011**. Disponível em <[HTTP:// www.desafiosoja.com.br/Cases 2011.aspx](http://www.desafiosoja.com.br/Cases_2011.aspx)> Acesso em 05 Jan. 2012.

COELHO JÚNIOR, L.M.; REZENDE, J.L.P. de; OLIVEIRA, A.D. de; COIMBRA, L.A.B.; SOUZA, A.N. de. Análise de investimento de um sistema agroflorestal sob situação de risco. **Cerne**, v.14, p.368-378, 2008.

COODETC - COOPERATIVA CENTRAL DE PESQUISA AGRÍCOLA - (Paraná) (Ed.). **Detalhes da cultivar**: CD 202. Disponível em http://www.coodetec.com.br/php/detalhes_cultivar.php?id=20. Acesso em: 27 ago. 2010.

DEVKOTA, N. R.; KEMP, P. D.; HODGSON, J.; VALENTINE, I.; JAYA, I. K. D. Relationship between tree canopy height and the production of pasture species in a silvopastoral system based on alder trees. **Agroforestry Systems**, n. 76, p.363-364, 2009. doi: 10.1007/s10457-008-9192-8

GEA-IZQUIERDO, G.; MONTERO, G; CANELLAS, I. Changes in limiting resources determine spatio-temporal variability in tree-grass interactions. **Agroforestry Systems**, n. 76, p. 375-387. 2009

GILLESPIE, A. R.; JOSE, S.; MENGEL, D. B.; HOOVER, W. L.; POPE, P. E.; SEIFERT, J.R., BIEHLE, D.J.,STALL, T.; BENJAMIN, T. J. Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the mid-western USA: 1. Production physiology. **Agroforestry Systems**, n. 48, p. 25-40. 2000

GREGORY, N. G. The role of shelterbelts in protecting livestock: a review. **New Zealand Journal of Agricultura Research**, v.38, p.423-450, 1995.

GUBIANI, É. I. **Crescimento e rendimento da soja em resposta a épocas de semeadura e arranjo de plantas**. 2005. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2005.

Disponível em:

<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/6278/000483689.pdf?sequence=1>>.

Acesso em: 14 fev. 2012.

JIANG, H.; EGLI, D. B. Shade induced changes in flower and pod number and flower and fruit abscission in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 85, n. 2, p. 221-225, Mar./Apr. 1993.

JOSE, S.; ALLEN, S. C.; NAIR, P. K. R. Tree-crop interactions: lessons from temperate alley-cropping systems. In: BATISH, D. R.; KOHLI, R. K.; JOSE, S.; SING, H. P. **Ecological Basis of Agroforestry**. Nova York: Crc Press - T & F Group, 2008. p. 15-31. 382 p.

KIRCHNER, R.; SOARES, A.B.; SARTOR, L. R.; ADAMI, P. F.; MIGLIORINI, F.; FONSECA, L. Desempenho de forrageiras hibernais sob distintos níveis de luminosidade.

Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 39, n. 11, Nov. 2010 . Disponível em

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982010001100009&lng=en&nrm=iso)

[35982010001100009&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982010001100009&lng=en&nrm=iso)>. Acessado em 11 Jan 2012. <http://dx.doi.org/10.1>

KUEMMEL, B. Theoretical investigation of the effects of field margins and hedges on crops yields. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, n. 95, p. 287-392.

KUMUDINI, S.; OMIELAN, J.; HUME, D.J. Soybean genetic improvement in yield and the effect of late-season shading and nitrogen source a supply. **Agronomy Journal**, v. 100, n. 2, p.400-405. 2008

- MATHEW, J. P.; HERBERT, S. J.; ZHANG, S.; RAUNTENKRANZ, A. A. F.; LITCHFIELD, G. V. Differential response of soybean yield components to the timing of light enrichment. **Agronomy Journal**, v. 92, n. 6, p. 1156-1161. 2000.
- McBLAIN, B. A.; HUME, D. J. Reproductive abortion, yield components and nitrogen content in three early soybean cultivars. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 61, n. 3, p. 499-505, July 1981.
- MILLER, A. W.; PALLARDY, S. G. Resource competition across the crop-tree interface in a maize-silver maple temperate alley cropping stand in Missouri. **Agroforestry Systems**, v. 53, n.3, p. 247-259. 2001.
- MOLIN, J. P. Definição de unidade de manejo a partir de mapas de produtividade. **Engenharia Agrícola**, v.22, n. 1, p.83-92, 2002
- NAVARRO JR., H. M.; COSTA, J. A. Contribuição relativa dos componentes do rendimento para a produção de grãos em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 269-274. 2002a
- NAVARRO JR., H. M.; COSTA, J. A. Expressão do potencial de rendimento de cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 275-279. 2002b
- NUBERG I. K.; MYLIUS S. J.; EDWARDS J. M.; DAVEY, C. Windbreak research in a South Australian cropping system. **Australian Journal of Experimental Agriculture**. v. 42, 2002. p. 781–795. doi:10.1071/EA02014
- ONG, C.K; H. HUXLEY [ed.]. **Tree – Crop Interactions. A Physiological approach**. CAB INTERNATIONAL, Wallingford, UK, 1996. 385 p
- PANDEY, J. P.; TORRIE, J. H. Path coefficient analysis of seed yield components in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Crop Science**, Madison, v. 13, n. 5, p. 505-507, Sept./Oct. 1973.

REIS, H. E.; MAGALHÃES, L. L.; OFUGI, C.; MELIDO, R. C. N. Agrossilvicultura no Cerrado, região noroeste do Estado de Minas Gerais. In: FERNANDES, E. N.; PACUILLO, D. S.; CASTRO, C. R. T.; MULLER, M. D.; ARCURI, P. B.; CARNEIRO, J. C. (Ed.) **Sistemas Agrossilvipastoris na América do Sul: Desafios e potencialidades**: Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2007. p.137-154.

REYNOLDS, P. E.; SIMPSON, J. A.; THEVATHASAN, N. V.; GORDON, A. M. Effects of tree competition on corn and soybean photosynthesis, growth, and yield in a temperate tree-based agroforestry intercropping system in southern Ontario, Canada. **Ecological Engineering**, n.29, p.362-371. 2007.

SEAB – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná; DERAL – Departamento de Economia Rural. **Comparativo de área, produção e produtividade para a cultura: soja (1ª. Safra) nas safras de 10/11 – 11/12**. 2012. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov/arquivos/File/deral/pps.xls>> Acesso em: 05 Jan. 2012.

SOUZA, A.N.; OLIVEIRA, A.D. de; SCOLFORO, J.R.S.; REZENDE, J.L.P. de; MELLO, J.M. de. Viabilidade econômica de um sistema agroflorestal. **Cerne**, v.13, p.96-106, 2007.

WRIGHT, A. J.; BROOKS, S. J. Effect of windbreaks on potato production for the Atherton Tablelands of North Queensland. **Australian Journal of Experimental Agriculture**. v. 42, p.797–807. 2002. doi:10.1071/EA02015

Tabela 1. Diâmetro do tronco (DAP), altura, e sobrevivência das árvores de eucalipto e grevilea em sistema agrossilvipastoril, por ocasião do cultivo de soja na safra 2010/11 (49 meses de idade). EEFM/IAPAR, Ponta Grossa-PR.

| Espécie arbórea | Idade (meses) | | Sobrevivência |
|---|--------------------|------------|---------------|
| | 49 | | |
| | (Novembro de 2010) | | % |
| | DAP (cm) | Altura (m) | |
| <i>Eucalyptus dunnii</i> (eucalipto) | 19,4 ± 1,1 | 11,2 ± 0,1 | 91 |
| <i>Grevillea robusta</i> (grevilea) | 9,1 ± 0,5 | 6,9 ± 0,3 | 86 |
| <i>Schinus terebinthifolius</i> ⁽¹⁾ (aroeira) | - | - | - |

⁽¹⁾ Espécie danificada pelo gado durante o pastejo sobre sorgo forrageiro cultivado no verão de 2009/10.

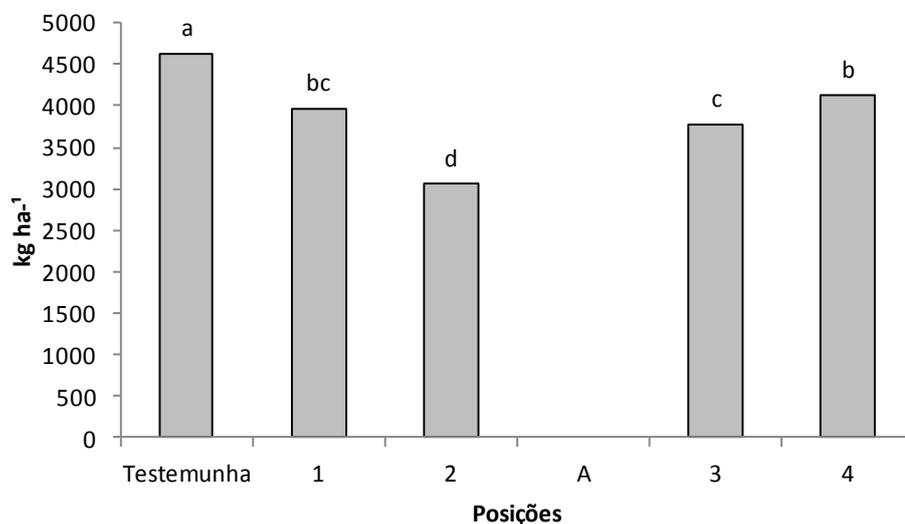


Figura 1. Produtividade de soja (cv. CD 202) em sistema de integração lavoura-pecuária (Testemunha), em comparação com quatro posições (1, 2, 3 e 4) relativas ao renque de árvores (A) no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. Colunas rotuladas com letra

diferentes diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. EEFM/IAPAR, Ponta Grossa, PR. Safra 2010-11.

Tabela 2. Número de ramos, nós férteis por ramo e massa de grão nos ramos em soja (cv. CD 202) cultivada em sistema de integração lavoura-pecuária (Testemunha, sem árvores) e lavoura-pecuária-floresta (localização relativa à linha de árvores: 1 e 4 = distal ao renque; 2 e 3 = proximal ao renque). EEFM/IAPAR, Ponta Grossa, PR, 2010⁽¹⁾.

| Tratamento | Nº de ramos | Massa | Nº de nós |
|------------------------------|-------------|--------------------|-------------------|
| | | grão nos ramos (g) | férteis nos ramos |
| Posição 1 (acima do renque) | 4,1a | 8,78a | 11,50ab |
| Posição 2 (acima do renque) | 4,9a | 6,71b | 13,64a |
| Posição 3 (abaixo do renque) | 4,3a | 7,75ab | 10,95b |
| Posição 4 (abaixo do renque) | 3,0b | 9,03a | 10,03b |
| Posição 0 (Testemunha) | 4,8a | 8,63a | 12,08ab |
| CV% | 23,5 | 16,0 | 18,3 |

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade

Tabela 3. Número de legumes com zero grãos, número de legumes com três grãos e a massa de 1000 grãos em soja (cv. CD 202) cultivada em sistema de integração lavoura-pecuária (Testemunha, sem árvores) e lavoura-pecuária-floresta (localização relativa à linha de árvores: 1 e 4 = distal ao renque; 2 e 3 = proximal ao renque). EEFM/IAPAR, Ponta Grossa, PR, 2010⁽¹⁾.

| Tratamento | Nº legumes com 0 grãos | Nº legumes com 3 grãos | Massa de 1000 grãos (g) |
|-------------------------------------|---|---|--|
| Posição 1 (acima do renque) | 4,7b | 15,2a | 122,15b |
| Posição 2 (acima do renque) | 6,2a | 10,9b | 103,58b |
| Posição 3 (abaixo do renque) | 4,2b | 12,6ab | 124,04b |
| Posição 4 (abaixo do renque) | 2,7c | 11,7a | 121,43b |
| Posição 0 (Testemunha) | 5,0ab | 13,2ab | 158,84a |
| CV% | 26,8 | 20,5 | 14,4 |

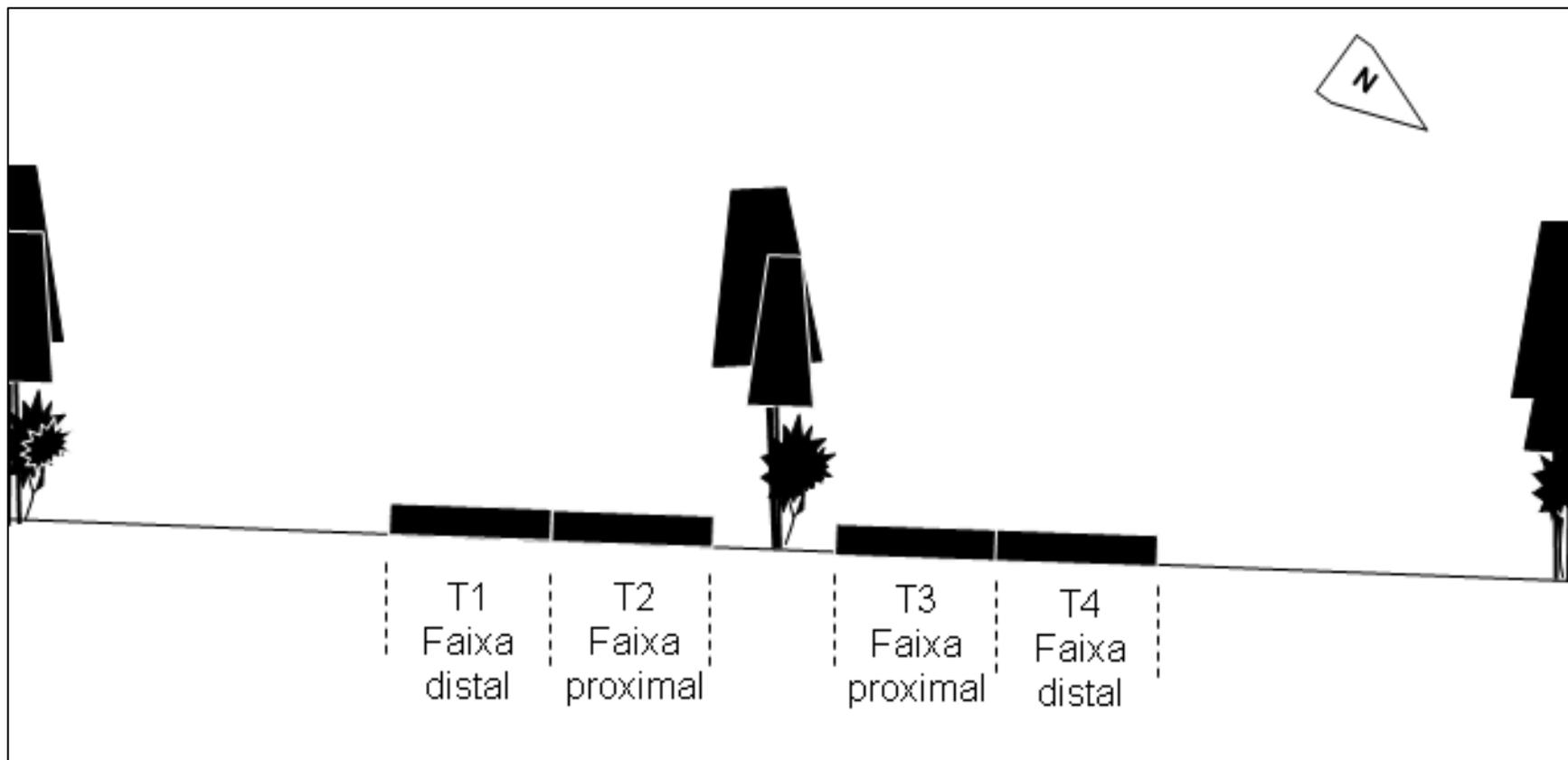
⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de

Duncan a 5% de probabilidade

Anexo 1. Súmula da análise de variância para estatura de planta (EP), densidade de plantas (plt m⁻²) e componentes morfofisiológicos da soja: massa de gros na haste principal (MGH), massa de grãos nos ramos (MGR), número de ramos por planta (nR), comprimento médio dos ramos (cR), número de nós férteis na planta (nfP), número de nós férteis na haste principal (nfH), número de nós férteis nos ramos (nfR) e, no número de legumes com 0, 1, 2, 3 e 4 gros por legume (leg_0g, leg_1g, leg_2g, leg_3g, leg_4g), em sistemas de integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta. EEFM/IAPAR, Ponta Grossa, PR, 2010.

| FV | GL | EP | plt m ⁻² | MGR | MGH | nR | cR | nfP | nfH | nfR | leg_0g | leg_1g | leg_2g | leg_3g | leg_4g |
|------------------------|----|-------|---------------------|-------|-------|--------|--------|------------------------|----------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | (cm) | | (g) | (g) | | (cm) | (nplt ⁻¹) | (nH ⁻¹) | (nramol) | | | | | |
| Nível de significância | | | | | | | | | | | | | | | |
| Raiz | 1 | 0,573 | 0,505 | 0,517 | 0,205 | 0,5295 | 0,3537 | 0,7212 | 0,4897 | 0,4919 | 0,3399 | 0,6640 | 0,8283 | 0,5245 | 0,3008 |
| Distância | 4 | 0,189 | 0,110 | 0,015 | 0,136 | 0,0111 | 0,0687 | 0,1264 | 0,3026 | 0,0393 | 0,0004 | 0,4406 | 0,1396 | 0,0378 | 0,1465 |
| Raiz x Distância | 4 | 0,773 | 0,926 | 0,497 | 0,883 | 0,5059 | 0,9714 | 0,7265 | 0,9808 | 0,5981 | 0,5363 | 0,5061 | 0,9421 | 0,7911 | 0,4107 |
| MEDIA | | 96,87 | 24,49 | 8,18 | 9,86 | 4,20 | 21,72 | 21,11 | 9,47 | 11,64 | 4,56 | 14,87 | 30,89 | 12,72 | 0,26 |
| EP | | 0,76 | 0,46 | 0,21 | 0,32 | 0,16 | 0,76 | 0,389 | 0,14 | 0,34 | 0,19 | 0,42 | 1,02 | 0,41 | 0,04 |
| CV% | | 5,0 | 12,0 | 16,0 | 20,3 | 23,5 | 22,8 | 25,7 | 9,2 | 18,3 | 26,8 | 17,7 | 20,9 | 20,5 | 95,9 |

Anexo 2 – Perfil esquemático das sub-subparcelas para avaliação dos componentes de rendimento e produtividade dentro do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, composto por renques mistos das espécies de eucalipto (*Eucalyptus dunnii* Maiden), aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi) e grevílea (*Grevillea robusta* A. Cunn. ex R. Br.). EEFM/IAPAR, Ponta Grossa, PR, 2010.



Anexo 3. Súmula da análise de variância para a produtividade e principais componentes de rendimento da soja em sistemas de integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta: número de legumes por planta (n.leg plt⁻¹), legumes por unidade de área (leg m⁻²),número de gros por legume (G leg⁻¹), massa de 1000 grãos (MG1000), massa de gros por planta (MG plt⁻¹). EEFM/IAPAR, Ponta Grossa, PR, 2010.

| FV | GL | Produtividade | n. leg plt ⁻¹ | leg m ⁻² | G leg ⁻¹ | MG 1000 | MG plt ⁻¹ |
|------------------|----|---|--------------------------|---------------------|---------------------|---------|----------------------|
| | | Nível de significância | | | | | |
| Raiz | 1 | 0,40630 | 0,351 | 0,567 | 0,238 | 0,1012 | 0,218 |
| Distância | 4 | 0,00000 | 0,079 | 0,156 | 0,165 | 0,0003 | 0,081 |
| Raiz x Distância | 4 | 0,34070 | 0,549 | 0,826 | 0,528 | 0,5121 | 0,736 |
| | | Produtividade (kg ha ⁻¹) | n. leg plt ⁻¹ | leg m ⁻² | G leg ⁻¹ | MG 1000 | MG plt ⁻¹ |
| MEDIA | | 3.909,36 | 60,27 | 1462,9 | 1,960 | 126,01 | 18,04 |
| ± EP | | 36,65 | 1,79 | 40,4 | 0,001 | 2,86 | 0,43 |
| CV% | | 5,90 | 18,80 | 17,5 | 3,000 | 14,40 | 15,20 |

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da ILP como “controle” dos resultados obtidos na ILPF proveu importante balisamento sobre o efeito da inclusão de árvores em sistema agropecuário nas condições subtropicais. Deixa transparecer, por exemplo, que a ILPF não poderá ser buscada para maximizar rendimentos da lavoura nem da pastagem de inverno, no entanto suporta a lógica de diversificação de produtos e negócios. Como a madeira somente será colhida após vários ciclos agrícolas e pastoris, será necessário proceder a estudos de predição sobre a viabilidade econômica, mediante cenários que podem ser abstraídos desta pesquisa, por exemplo: 19% menos produção de soja (é) será compensado com a produção de madeira? Ou, por outra perspectiva: para o mesmo período, 3.700 kg de soja ha⁻¹ adicionado do incremento de madeira, traduz que grau de risco para a atividade ILPF? E, ou, qual o grau de risco da atividade ILPF na produção animal adicionada do incremento de madeira ao longo dos ciclos pastoris?

Análises de sensibilidade e de fluxos de caixa devem ser buscadas para a informação sobre a efetiva viabilidade social dos sistemas de ILPF, além disso, a valoração de possíveis benefícios ambientais da introdução de árvores em sistemas agropecuários devem merecer estudo e serem computados nas análises econômicas sobre ILPF.

Na perspectiva de marketing ambiental ou mesmo de pagamento por serviços ambientais, qual será, por exemplo, o valor ou mesmo a aceitabilidade de produtos oriundos de sistemas de produção ambientalmente adequados? Estudos sobre a emissão de gases de efeito estufa em ILPF produzirão novas informações sobre o potencial para a mitigação das emissões oriundas da agricultura e pecuária a pasto.

A seleção e avaliação de espécies forrageiras e arbóreas sob efeito do pastejo em ambiente silvipastoril, assim como a avaliação da interação gado x árvore, serão determinantes para aumentar a adoção da ILPF na região subtropical brasileira.

A causalidade dos efeitos avaliados nesta pesquisa quer sejam daqueles originados da interação entre os componentes da ILPF, quer sejam oriundos da manipulação (adubação, desramas, desbastes, lotação animal, população e densidade de plantas dos cultivos anuais, entre outros) merece mais estudos, especialmente porque as árvores crescem por muitos anos, alterando a magnitude e direção de sua influência sobre os demais componentes.

APÊNDICES



Figura 1. Imagens do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (agrossilvipastoril). No sentido horário: a fase silviagrícola com a lavoura de milho em 2008/09; a fase silvipastoril com novilhos em pastagem de aveia+azevém no inverno após o sorgo forrageiro no verão de 2010; e novamente a fase silviagrícola na safra 2010/11 com soja. EEFM/IAPAR, Ponta Grossa – PR.



Figura 2. Imagens do impacto dos bovinos nas árvores do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (agrossilvipastoril) durante a fase silvipastoril com sorgo forrageiro (verão 2010/11). Na foto B e C danos na aroeira (*Schinus therebinthifolius*), atingindo o lenho da árvore (C). Na foto D, dano na casca do eucalipto (*Eucalyptus dunnii*) sem atingir o lenho. EEFM/IAPAR, Ponta Grossa – PR.



Figura 3. Vista aérea do experimento com sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) e lavoura-pecuária-floresta (ILPF). As linhas em cor branca sinalizam a divisão em piquetes durante a fase silvipastoril. Coordenadas de 25°07'22" S e 50°03'01" W; altitude de 953 m. EEFM/IAPAR, Ponta Grossa – PR. (Fonte da Imagem: Google Earth)

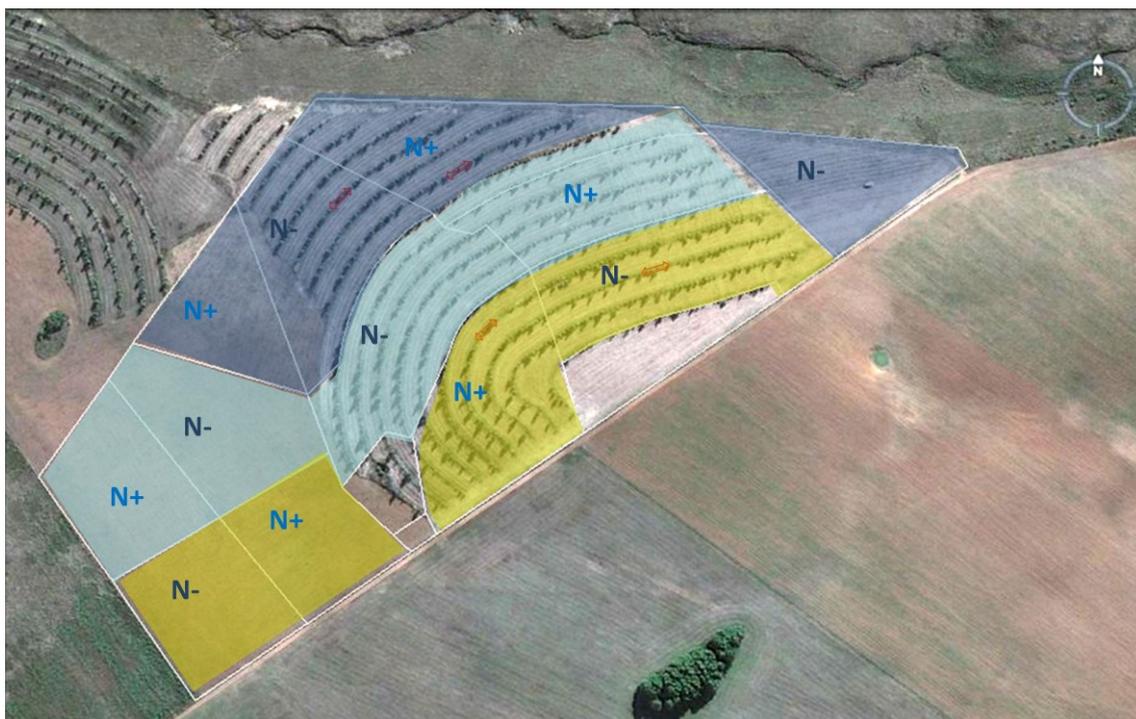


Figura 4. Esquema de distribuição dos blocos de adubação nitrogenada da pastagem de aveia+azevém durante a fase silvipastoril do sistemas ILP e ILPF. Cores indicam blocos. EEFM/IAPAR, Ponta Grossa – PR. (Fonte da Imagem: Google Earth)



Figura 5. Instalação de parcelas de isolamento das raízes das árvores do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, outono de 2009. EEFM/IAPAR, Ponta Grossa – PR.