

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO - OESTE - UNICENTRO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PPGA**  
**MESTRADO**

**BIOMASSA NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO**  
**SILVIPASTORIL, PASTAGEM E FLORESTA**  
**HOMOGÊNEA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**SÉRGIO AUGUSTO GUARIENTI**

**GUARAPUAVA-PR**  
**2012**

**SÉRGIO AUGUSTO GUARIENTI**

**BIOMASSA NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO  
SILVIPASTORIL, PASTAGEM E FLORESTA  
HOMOGÊNEA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Mestrado, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Roberto Tsuyoshi Hosokawa  
Co-orientador

Prof. Dr. Jackson Kawakami  
Orientador

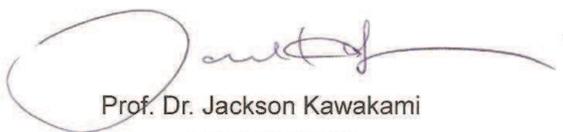
**GUARAPUAVA-PR  
2012**

**SÉRGIO AUGUSTO GUARIENTI**

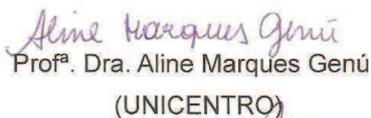
**BIOMASSA NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO SILVIPASTORIL, PASTAGEM E  
FLORESTA HOMOGÊNEA.**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

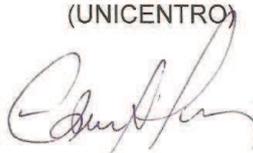
Aprovada em 23 de julho de 2012.



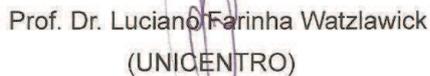
Prof. Dr. Jackson Kawakami  
(UNICENTRO)



Prof.ª. Dra. Aline Marques Genú  
(UNICENTRO)



Prof. Dr. Edson Roberto Silveira  
(UTFPR – Pato Branco)



Prof. Dr. Luciano Farinha Watzlawick  
(UNICENTRO)

GUARAPUAVA-PR  
2012

Aos meus pais, Zita (*in memorium*) e Iloy pelo cuidado, incentivo e apoio na minha formação  
como pessoa e como profissional.

A minha esposa Anie e aos meus filhos Gabriel e João Pedro pelo meu amor, carinho e  
paciência nesta caminhada.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por dar a mim os perfeitos sentidos e saúde que me permitiram realizar este curso.

Ao Instituto Emater por autorizar a realização do curso e aos colegas de trabalho pelo incentivo e apoio.

Ao Conselho de Desenvolvimento do Território da Cidadania Cantuquiriguaçu pelo incentivo.

A Prefeitura de Nova Laranjeiras pelo apoio.

Aos agricultores que cederam suas propriedades e colaboraram para o levantamento de dados a campo.

Ressalto também a gratidão aos professores Dr. Jackson Kawakami e Dr. Roberto Tsuyoshi Hosokawa pelo apoio e orientação.

A Unicentro, colegas, funcionários e professores por contribuir com minha formação e realização do curso.

Agradeço ainda a todos que de uma forma ou de outra contribuíram com este trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	ii
LISTA DE FIGURAS.....	iv
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1 Geral.....	3
2.2 Específicos.....	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
3.1 Desenvolvimento rural sustentável e agricultura familiar.....	4
3.2 Sistema silvipastoril.....	5
3.3 A forrageira no sistema silvipastoril.....	9
3.4 A árvore no sistema silvipastoril.....	12
3.5 Sombreamento e luminosidade em sistemas silvipastoris.....	15
3.6 O solo no sistema silvipastoril.....	19
3.7 Quantificação de biomassa.....	23
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	26
4.1 Seleção da propriedade e levantamento preliminar.....	26
4.2 Caracterização da área de estudo.....	26
4.2.1 Localização.....	26
4.2.2 Clima.....	27
4.2.3 Solo.....	28
4.3 Descrição dos sistemas e das condições de cultivo .....	28
4.3.1 Sistema Pastagem.....	28
4.3.2 Sistema floresta homogênea.....	30

4.3.3 Sistema silvipastoril.....	31
4.4 Variáveis avaliadas e metodologia de avaliação.....	33
4.4.1 Fluxograma das avaliações.....	33
4.4.1.1 Fluxograma das avaliações entre os sistemas.....	33
4.4.1.2 Fluxograma das avaliações no sistema silvipastoril.....	34
4.4.2 Biomassa da forrageira <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers. cv Tifton 85.....	34
4.4.3 Biomassa das árvores de <i>Eucalyptus dunnii</i> Maiden.....	36
4.4.4 Biomassa total dos sistemas.....	41
4.4.5 Croqui geral dos sistemas e informações sobre repetições e parcelas.....	41
4.4.6 Luminosidade.....	44
4.4.7 Solo.....	46
4.5. Delineamento experimental e análises estatísticas.....	49
4.5.1 Delineamento experimental no sistema silvipastoril .....	49
4.5.2 Delineamento experimental entre os sistemas .....	49
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
5.1 Produção de biomassa.....	51
5.1.1 Biomassa total entre sistemas.....	51
5.1.2 Biomassa da forrageira <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers cv Tifton 85.....	53
5.1.3 Biomassa das árvores de <i>Eucalyptus dunnii</i> Maiden.....	57
5.2 Luminosidade.....	63
5.3 Solo.....	68
6. CONCLUSÕES.....	76
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

CAP –Circunferência a altura do peito (1,30 m do solo)

COT – Carbono orgânico total

CS – Capacidade de suporte

DAP –Diâmetro a altura do peito (1,30 m do solo)

Emater – Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural

IDH – Índice de desenvolvimento humano

MO – Matéria orgânica

MPa – Megapascal

MS – Matéria seca

ONU – Organização das Nações Unidas

UA – Unidade animal

N – Elemento químico nitrogênio

P – Elemento químico fósforo

K – Elemento químico potássio

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Resultados de análises do solo realizadas no sistema silvipastoril, referentes a pH, matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) , em Nova Laranjeiras – PR, 2011.....28
- Tabela 2.** Produção de massa seca (MS) acima do solo no sistema silvipastoril, composto pela MS da forrageira *Cynodon dactylon* (L.) Pers cv Tifton 85 e MS das árvores de *Eucalyptus dunnii* Maiden, em t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e em porcentagem (%), em Nova Laranjeiras – PR, 2012.....51
- Tabela 3.** Produção de massa seca (MS) total dos sistemas silvipastoril, pastagem e floresta homogênea, em t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, em Nova Laranjeiras – PR, 2012.....52
- Tabela 4.** Resultados da produção de massa seca (MS) da forrageira *Cynodon dactylon* (L.) Pers cv Tifton 85, nos sistemas pastagem e silvipastoril, em t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, por época de amostragem, em Nova Laranjeiras – PR, 2012.....54
- Tabela 5.** Resultados da produção de massa seca (MS) da forrageira *Cynodon dactylon* (L.) Pers cv Tifton 85, distribuídos em três faixas no sistema silvipastoril, em t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, por época de amostragem, em Nova Laranjeiras – PR, 2012.....55
- Tabela 6.** Resultados da produção de massa seca (MS) de árvores de *Eucalyptus dunnii* Maiden, entre os sistemas silvipastoril e floresta homogênea, em Nova Laranjeiras – PR, 2012.....57
- Tabela 7.** Resultados da massa seca (MS) aérea das árvores de *Eucalyptus dunnii* Maiden, por componente (tronco, casca, galhos e folhas), com cinco anos de idade, entre sistema silvipastoril e floresta homogênea, em Nova Laranjeiras – PR, 2012.....60
- Tabela 8.** Resultado da intensidade luminosa incidente na forrageira nos sistemas pastagem e silvipastoril, em diferentes horários, amostradas em novembro de 2011 e junho de 2012, em Nova Laranjeiras – PR.....63
- Tabela 9.** Resultados da intensidade luminosa incidente na forrageira no sistema silvipastoril, por faixas da área e diferentes em horários, amostradas em novembro de 2011 e junho de 2012, em Nova Laranjeiras – PR.....64

**Tabela 10.** Resultados da análise química do solo nos sistemas silvipastoril, pastagem e floresta homogênea, referentes às amostragens realizadas em junho de 2012, em Nova Laranjeiras – PR.....69

**Tabela 11.** Resultados da análise química do solo no sistema silvipastoril, em diferentes faixas da área, referentes às amostragens realizadas em junho de 2012, em Nova Laranjeiras – PR.....70

**Tabela 12.** Resultados sobre resistência do solo, por sistemas silvipastoril, pastagem e floresta homogênea, referentes às amostragens realizadas em junho de 2012, em Nova Laranjeiras – PR.....71

**Tabela 13.** Resultados sobre resistência do solo, por faixa de amostragem no sistema silvipastoril, referentes às amostragens realizadas em junho de 2012, em Nova Laranjeiras – PR.....72

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localização da área do experimento.....	27
<b>Figura 2.</b> Foto de visão da área com sistema pastagem.....	29
<b>Figura 3.</b> Foto de visão da área com florestal homogênea.....	30
<b>Figura 4.</b> Foto de visão da área com sistema silvipastoril.....	32
<b>Figura 5.</b> Croqui da área com sistema silvipastoril.....	32
<b>Figura 6.</b> Fluxograma das avaliações entre os sistemas.....	33
<b>Figura 7.</b> Fluxograma das avaliações no sistema silvipastoril.....	34
<b>Figura 8.</b> Amostragem da forrageira: uso da moldura de metal.....	35
<b>Figura 9.</b> Medições nas árvores no sistema floresta homogênea.....	36
<b>Figura 10.</b> Ilustração sobre o esquema de delimitação das parcelas no sistema floresta homogênea.....	37
<b>Figura 11.</b> Curva de distribuição normal para seleção das cinco árvores de <i>Eucalyptus dunnii</i> Maiden utilizadas na quantificação da biomassa das árvores, para o sistema floresta homogênea, adaptado de VALÉRIO (2009).....	38
<b>Figura 12.</b> Curva de distribuição normal para seleção das cinco árvores de <i>Eucalyptus dunnii</i> Maiden utilizadas na quantificação da biomassa das árvores, para o sistema silvipastoril, adaptado de VALÉRIO (2009).....	39
<b>Figura 13.</b> Corte das árvores para medição da biomassa.....	40

<b>Figura 14.</b> Croqui geral dos sistemas silvipastoril, pastagem e floresta homogênea.....	42
<b>Figura 15.</b> Croqui da área do sistema silvipastoril, demarcação das faixas, repetições, pontos de amostragem da biomassa das forrageiras e localização das árvores.....	44
<b>Figura 16.</b> Amostragem da luminosidade: uso do luxímetro digital.....	45
<b>Figura 17.</b> Amostragem do solo: uso do trado.....	46
<b>Figura 18.</b> Croqui com demonstração das faixas e repetições das amostragens de solo e luminosidade na área do sistema silvipastoril.....	48

## RESUMO

### Sérgio Augusto Guarienti. **BIOMASSA NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO SILVIPASTORIL, PASTAGEM E FLORESTA HOMOGÊNEA**

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar a produção de biomassa acima do solo obtida no sistema silvipastoril e compará-la à produção nas áreas com os sistemas pastagem e floresta homogênea. O experimento foi desenvolvido em propriedades rurais no município de Nova Laranjeiras região Centro Oeste do Paraná. Os três sistemas de produção avaliados constituíram-se por: sistema silvipastoril com a forrageira *Cynodon dactylon* (L.) Pers. cv Tifton 85 e pelas árvores de *Eucalyptus dunnii* Maiden no espaçamento de 2 m na linha e 50 m entre as linhas, com pastejo rotacionado de bovinos de leite; sistema pastagem constituído pelo plantio em monocultura da forrageira *C. dactylon* cv Tifton 85, com pastejo rotacionado de bovinos de leite; e sistema floresta homogênea, formado pelo plantio de árvores de *E. dunnii* em monocultura, no espaçamento de 2 x 2 m. Todos os sistemas possuíam 5 anos de idade. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com três ou quatro repetições, onde foram avaliadas a biomassa total dos sistemas, a biomassa por componente (árvores e forrageira), a luminosidade e as características químicas e de resistência à penetração do solo. No sistema silvipastoril os parâmetros avaliados também foram comparados entre três faixas com diferentes distâncias da linha das árvores e a produção da forrageira nos sistemas silvipastoril e pastagem foi avaliada em três épocas (março, junho e novembro). O sistema silvipastoril obteve a maior produção de biomassa total com 45,59 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, o sistema pastagem produziu 38,92 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e o sistema floresta homogênea 15,82 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>; não ocorreu variação significativa na produção da forrageira entre os sistemas silvipastoril e pastagem e entre as diferentes faixas da área do sistema silvipastoril; a produção de biomassa das árvores por hectare é maior no sistema floresta homogênea, porém no sistema silvipastoril a produção de biomassa é maior por indivíduo; as árvores no sistema silvipastoril provocaram redução significativa (cerca de 30%) na luminosidade da área; e não ocorreram variações expressivas com relação à maioria das características do solo avaliadas. No aspecto geral conclui-se que o sistema silvipastoril avaliado constitui-se uma alternativa com potencial relevante para ser implantado, com vistas a ampliar as oportunidades de geração de renda e contribuir para o desenvolvimento rural sustentável na região.

**Palavras Chave:** Agricultura familiar, *Cynodon dactylon* (L.) Pers. cv Tifton 85, desenvolvimento sustentável, *Eucalyptus dunnii* Maiden

## ABSTRACT

Sergio Augusto Guarienti. **BIOMASS IN THREE PRODUCTION SYSTEMS: SILVOPASTURE, PASTURE AND HOMOGENOUS FOREST**

This study aimed to evaluate the production of aboveground biomass produced in the silvopastoral system and compare it to the production in areas with pasture and homogeneous forest systems. The experiment was conducted on farms in Nova Laranjeiras county, in Midwest of Paraná. The evaluation consisted of three production systems: silvopastoral system with forage plant *Cynodon dactylon* (L.) Pers. cv Tifton 85 and tree species *Eucalyptus dunnii* Maiden at a spacing of 2 m at line and 50 m between the lines, with rotational grazing of dairy cattle; pasture system with forage plant *C. dactylon* cv Tifton 85 in monoculture, with rotational grazing of dairy cattle; and homogenous forest system, with tree species *E. dunnii* in monoculture, at a spacing of 2 x 2 m. All systems were five years old. The experimental design was completely randomized design with three or four replications, and the variables evaluated were total biomass of the systems, biomass for each component (trees and forage), luminosity, soil chemical characteristics and soil penetration resistance. In the silvopastoral system the evaluated variables were also compared among three tracks with different distance from the tree lines and the forage production was evaluated in three seasons (March, June and November). The silvopastoral system had the highest biomass yield with 45.59 t ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>, the pasture system produced 38.92 t ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> and the homogenous forest system produced 15.82 t ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>; there was no significant variation in forage production between the silvopastoral and pasture systems and among the different tracks from the silvopastoral system areas; the biomass production of trees per hectare is larger in homogenous forest system, but in silvopastoral system the biomass production is larger per specimen; the trees in the silvopastoral system caused a significant reduction (about 30%) in luminosity of the area, and there were no high variations concerning to soil characteristics. In general it is concluded that the silvopastoral system evaluated is an alternative with significant potential to be deployed, in order to extend the opportunities for income generation and to contribute to the sustainable rural development in the region.

Keywords: *Cynodon dactylon* (L.) Pers. cv Tifton 85, *Eucalyptus dunnii* Maiden, Family Farming, Sustainable Development

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil e no Paraná é crescente a importância dos valores ambientais e sociais aliados à busca constante pelo crescimento econômico, visando assim o desenvolvimento rural sustentável. A região Centro Oeste do Paraná, em especial o Território da Cidadania Cantuquiriguaçu, contém muitas características desta necessidade de desenvolvimento, pois conta com grande contingente de propriedades com base na produção familiar e apresenta índices de desenvolvimento humano (IDH) abaixo da média do Estado, em especial os índices de produção e renda.

Esta tendência faz com que a utilização de sistemas produtivos e o uso das terras, que conciliem a geração de renda com a preservação do meio ambiente, sejam a cada dia uma necessidade mais premente, especialmente junto às propriedades da agricultura familiar.

Como sistema de produção pode-se considerar a maneira pela qual o agricultor organiza e utiliza os fatores de produção, ou seja, como são exploradas as áreas e as propriedades. Estes sistemas de produção podem ser classificados de várias formas, conforme a intensidade da exploração, a finalidade, o uso de insumos, e mesmo conforme a diversidade de espécies utilizadas.

Em geral uma das funções básicas de um sistema produtivo é a produção de biomassa, que pode ser utilizada diretamente como fonte de renda, como no caso de madeira e lenha, ou ser utilizada para alimentação de animais como as forragens e silagens e ainda para dar suporte à produção de grãos, frutas e outros produtos de origem vegetal. A biomassa produzida em cada sistema tem origem principalmente na interação das espécies vegetais que ocupam a área com os fatores que afetam a produção com destaque para a luz, água e nutrientes presentes no solo.

Para este experimento são caracterizados três sistemas produção: sistema silvipastoril, onde são cultivadas em uma mesma área forragens, *Cynodon dactylon* (L.) Pers. cv Tifton 85, para alimentação de bovinos de leite e árvores de *Eucalyptus dunnii* Maiden, para a exploração de lenha e madeira; sistema pastagem, onde a área é cultivada com forrageiras, *Cynodon dactylon* (L.) Pers. cv Tifton 85, em monocultura para alimentação de bovinos de leite; e sistema floresta homogênea onde a área é cultivada com árvores, *Eucalyptus dunnii* Maiden, em monocultura para produção de lenha ou madeira.

Na região de localização deste experimento, os sistemas silvipastoris são utilizados com frequência em propriedades da agricultura familiar, estando inseridos principalmente na bovinocultura de leite e utilizando como espécie arbórea preferencialmente o eucalipto. Destaca-se que estes sistemas estão sendo implantados e estão em evolução na região, constituindo-se uma das alternativas de produção com vistas a contribuir com o processo de desenvolvimento sustentável.

Contudo, diferentemente de outros sistemas de produção, em especial os que utilizam a monocultura como base da exploração, o sistema silvipastoril, por envolver diferentes espécies vegetais e animais, é mais complexo e exige uma multidisciplinaridade de conhecimentos e tecnologias, bem como necessita de processos inovadores e empreendedores de difusão.

A inserção de árvores em uma área proporciona inúmeros efeitos, que podem gerar benefícios ou prejuízos ao sistema como um todo ou para uma determinada espécie, pois, interagem diretamente com os fatores de produção da biomassa das áreas, com destaque para: incremento da diversidade de espécies; influência na disponibilidade de nutrientes, água e na física do solo; alteração na incidência da luz sobre as espécies em sub-bosque; e influência sobre a incidência de fatores climáticos como geadas e ventos.

A realização deste experimento foi feita através de uma pesquisa dividida em dois conjuntos de informações e análises, sendo: a coleta de informações e análises em um sistema silvipastoril, em faixas representativas da área; e a coleta de informações e análises comparativas entre os sistemas silvipastoril, pastagem e floresta homogênea.

Entre os fatores analisados está à produção de biomassa das forrageiras e das árvores, a luminosidade incidente nas forragens e as características do solo nas áreas, abrangendo assim questões fundamentais dos sistemas avaliados, em especial da influência das árvores no sistema silvipastoril, e na transmissão da luz, no solo e consequentemente na quantidade de produção de biomassa por espécie e por sistema.

Na mesma perspectiva de diversidade que os sistemas silvipastoris impõem pela sua essência, são também diversas as incertezas sobre sua implantação, manejo e exploração. Para contribuir com o processo de evolução deste sistema, justificasse o desenvolvido este experimento.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Geral

Avaliar a produção de biomassa acima do solo obtida no sistema silvipastoril e compará-la à produção dos sistemas pastagem e floresta homogênea.

### 2.2. Específicos

- ✓ Avaliar a produção de biomassa da forrageira *Cynodon dactylon* cv Tifton 85, na área do sistema silvipastoril e comparar com a produção no sistema pastagem, para verificar o efeito da presença das árvores sobre produção da forragem;
- ✓ Avaliar e comparar a produção de biomassa das árvores de *Eucalyptus dunnii* entre os sistemas silvipastoril e floresta homogênea;
- ✓ Gerar estimativas técnicas sobre a produção de biomassa de *Eucalyptus dunnii*, para os diferentes sistemas.
- ✓ Avaliar a luminosidade entre as áreas do sistema silvipastoril e comparar com as do sistema pastagem, para verificar o efeito das árvores no sombreamento da área;
- ✓ Avaliar as características químicas e de resistência à penetração do solo entre as áreas do sistema silvipastoril e comparar com as dos sistemas pastagem e floresta homogênea;

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Desenvolvimento rural sustentável e agricultura familiar

A agricultura familiar tem grande importância para o desenvolvimento rural sustentável das regiões, principalmente devido à diversidade de atividades produtivas realizadas e pela abrangência no número de estabelecimentos e pessoas que são envolvidas. Conforme dados obtidos pelo Instituto Emater na região Centro Oeste do Paraná, em especial no Território da Cidadania Cantuquiriguaçu (reconhecido pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA), a agricultura familiar detém a posse da grande maioria dos estabelecimentos rurais, representando aproximadamente 90% do total.

Para a caracterização oficial da agricultura familiar, utiliza-se atualmente a Lei Federal Nº 11.326, de 24 de julho de 2006 (BRASIL, 2006) que estabeleceu as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. No Art. 3º da referida Lei, considera-se agricultor familiar e empreendedor familiar rural aquele que pratica atividades no meio rural, atendendo, simultaneamente, os seguintes requisitos:

- I – não detenha, a qualquer título, área maior do que 4 (quatro) módulos fiscais;
- II – utilize predominantemente mão-de-obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento;
- III – tenha renda familiar predominantemente originada de atividades econômicas vinculadas ao próprio estabelecimento ou empreendimento;
- IV – dirija seu estabelecimento ou empreendimento com sua família.

A partir de 1990, segundo TOMASETTO et al. (2009), a agricultura familiar, no aspecto de diversificar a produção, está em evolução de forma geral no mundo, tendo como características básicas a predominância do uso de mão de obra e gerenciamento por membros da família. Estes autores destacam ainda que a agricultura familiar busca com mais intensidade equilibrar o uso dos recursos naturais atuando ativamente no processo de transição para uma agricultura sustentável.

HURTIENNE (2005), discorrendo sobre a agricultura familiar e desenvolvimento, afirma que predomina uma tendência de diversificação crescente dos

sistemas de produção agrícola e que o desenvolvimento sustentável rural passa pelo desenvolvimento do uso das terras com sistemas de produção sustentáveis adaptados às condições de produção da agricultura familiar.

A atividade agropecuária para ALEMÃO (2005) é responsável por um significativo impacto ambiental, quer seja pela necessidade de espaço para a sua implantação e desenvolvimento, quer seja pela sua própria condução, isto é, pelas tecnologias empregadas. Sendo assim, a exploração agropecuária conduzida pelo agricultor, pode ser considerada um importante processo de degradação ambiental. Contudo, a cada dia é mais expressiva a busca e a utilização de sistemas produtivos sustentáveis, que conciliem a produção com questões de preservação, que potencializem a produção sem causar degradação e impactos ambientais, que oportunizem renda, mas atentem para aspectos, como as condições adequadas de trabalho, reciclagem de nutrientes e conforto animal.

### **3.2 Sistema silvipastoril**

Existem diversas nomenclaturas que definem sistemas que conciliam a exploração de diferentes espécies e visam à sustentabilidade, sendo segundo RADOMSKI e RIBASKI (2009) usado o termo sistema agroflorestal para definir sistemas sustentáveis de uso da terra, os quais envolvem associações de cultivos agrícolas e hortícolas com espécies florestais perenes, cultivados sobre uma mesma unidade de terra. Ainda, ressalta-se as terminologias sistemas agrossilvipastoris, que envolvem a exploração de culturas agrícolas, forragens, animais e árvores, e o silvipastoril onde são exploradas forragens, animais e árvores em uma mesma área.

O sistema silvipastoril, segundo SOUZA et al. (2007), é um sistema produtivo onde ocorre a interação entre espécies florestais com plantas forrageiras herbáceas ou rasteiras e animais herbívoros. Constituem-se assim uma das formas de sistemas produtivos que estão relacionados à exploração em uma mesma área com mais de uma espécie vegetal e ou animal, de forma integrada.

Outra caracterização dos sistemas silvipastoris é que são explorações onde são utilizadas espécies lenhosas e produção animal, combinadas em um mesmo espaço e tempo. Conciliam ainda a produção com conservação dos recursos naturais e podem

atender diversas necessidades dos produtores rurais, como alimento, madeira, lenha, forragem, plantas medicinais e fibras, constituindo-se assim em instrumentos importantes do desenvolvimento rural sustentável (DIAS et al., 2008).

Para CHACON et al. (2006) os sistemas silvipastoris tem como base o uso de plantas herbáceas e arbóreas lenhosas, e estas plantas podem fornecer forragem e sombreamento para os animais. Com relação aos tipos de sistemas silvipastoril, segundo sua origem, descrevem que podem ser originados de bosques naturais, bosques com alguma intervenção antrópica e em áreas com implantação de árvores.

O início dos sistemas silvipastoris, na maioria das situações ocorreu através de sistemas eventuais, ou seja, foram feitas adaptações em sistemas de cultivo de monoculturas. CRUZ (2007) destaca que esses sistemas, muito utilizados no plantio de eucaliptos e pinus, priorizam o componente arbóreo, onde o componente animal é utilizado para controlar o estrato herbáceo nas fases iniciais de formação do cultivo arbóreo, com o objetivo de reduzir custos com capinas e o risco de incêndios. Destaca ainda que, após esta fase inicial, as pesquisas tem se concentrado nos sistemas silvipastoris denominados verdadeiros, onde árvores e pastagens são planejadas desde o início para serem integrantes permanentes do sistema.

Os sistemas silvipastoris são opções de sistemas de produção relativamente novos, estão em evolução no mundo todo e no Brasil tem avançado em todas as regiões. No Paraná tem se destacado na região Noroeste e estão em processo de dispersão nas demais regiões sendo utilizados principalmente junto com a bovinocultura de leite. Este desenvolvimento deve-se em grande parte pelas funções que podem ser desempenhadas pelos sistemas silvipastoris e pelas vantagens competitivas em relação aos demais sistemas de produção que utilizam a monocultura.

A recuperação das funções básicas de um agroecossistema é um dos benefícios da utilização de sistemas agroflorestais, pois devido à implantação de espécies arbóreas na pastagem ocorre um incremento na biodiversidade vegetal e animal na área, comparativamente a um monocultivo com pastagem (ALTIERI, 1999; HARVEY e HABER, 1999).

Conforme CHACÓN et al. (2006), entre os objetivos de produção dos sistemas silvipastoris, se destacam:

- Diversificar a exploração das unidades de produção agropecuária de forma a

obter vários produtos (forragem, madeiras, frutos e animais).

- Melhorar a sustentabilidade e a biodiversidade do sistema.
- Reduzir os custos de produção melhorando a eficiência das atividades rurais.
- Produzir bens (madeira para construção, lenha e energia, e forragem para os animais) para o uso na propriedade e venda de excedentes.
- Prover cobertura vegetal que garanta sombra para bem estar das pessoas e animais, amenizando ainda o impacto sobre o ambiente por parte dos ventos e contribuindo para a redução da erosão sobre o solo devido à diminuição do impacto das gotas das chuvas.

Para SOUZA et al. (2007) os sistemas silvipastoris são alternativas que contribuem com a sustentabilidade das pastagens, e ampliam as oportunidades de exploração de múltiplos produtos vegetais e animais como madeira, carne e leite.

Em uma perspectiva ambiental e produtiva, segundo MOSQUER-LOSADA et al. (2006), uma das principais vantagens do sistema silvipastoril é efetivar a proposta de uso múltiplo da terra por meio do aumento da eficiência no uso dos recursos em uma escala espacial e temporal, reduzir os riscos, aumentar a estabilidade dos sistemas, em função da diversificação de espécies, e ainda promover o uso social e recreativo da terra.

Fazendo uma análise sobre a inserção dos sistemas silvipastoris em uma região ou propriedade, PACIULLO et al. (2007) citam que o seu uso pode ser uma alternativa viável para recuperar e desenvolver novas pastagens de gramíneas, em regiões de pecuária de leite, de forma sustentável. Destacam ainda como benefícios da utilização destes sistemas a conservação do solo e da água, a possibilidade de melhorias das condições físicas, químicas e biológicas do solo e ainda o conforto térmico para os animais.

Para MELOTTO et al. (2009) os sistemas de plantações mistas compostas com árvores nativas apresentam-se mais adequados por manterem, embora parcialmente, os processos que caracterizam a eficiência de conservação ambiental dos sistemas florestais naturais. Apresentam, também, maior amplitude de opções para o uso múltiplo da floresta.

Apesar dos benefícios diretos e indiretos imputados aos sistemas silvipastoris, segundo DIAS-FILHO (2006), a presença de árvores nas pastagens pode, também,

prejudicar o desenvolvimento das espécies forrageiras. Os prejuízos que podem ocorrer estão ligados, principalmente, ao sombreamento e, em alguns casos, a competição por água e nutrientes que as espécies arbóreas podem exercer sobre as forrageiras. Em determinadas situações, o excesso de sombra ou a constante congregação e trânsito de animais sob a copa das árvores pode provocar o raleamento ou perda total da cobertura vegetal do solo.

Pode-se ainda ressaltar como barreiras para a utilização de sistemas silvipastoris, o fato de que as estratégias de implantação e manutenção requerem mão de obra mais capacitada (para o plantio de mudas, poda das árvores, etc.), infraestrutura mais elaborada (para a produção de mudas) e, principalmente, maior número de decisões de manejo, quando comparados a sistemas mais tradicionais e menos intensivos de uso da terra, como as pastagens puras de gramíneas. Ademais, as decisões de manejo precisam estar embasadas na busca de combinações e rotações ideais de espécies e em organização mais eficaz de uso de mão de obra (DIAS-FILHO e FERREIRA, 2007).

Segundo RIBASKI (2003), uma desvantagem aparente da introdução do eucalipto em pastagens é a necessidade de se isolar a área plantada, por um período mínimo de 2 a 3 anos, pois sem o isolamento os animais podem se alimentar das árvores e até mesmo provocar danos pelo pisoteio. Esta prática, além de dar maior complexidade ao sistema, pode gerar problemas no manejo da pastagem e onerar a implantação do sistema silvipastoril comparativamente a sistemas mais simples.

Em suas análises sobre a instalação de sistemas silvipastoris, SOARES et al. (2009), comentam que para o sucesso do sistema silvipastoril, é indispensável entender as interações entre o animal e os sistemas forrageiro e arbóreo. A adaptação das espécies forrageiras em um sistema silvipastoril depende principalmente de sua habilidade em crescer em condições edafoclimáticas alteradas pela presença de espécie arbórea no estrato vegetal superior.

Um requisito fundamental para o sucesso de sistemas silvipastoris sustentáveis é a escolha das espécies para o sistema. As forrageiras devem ser produtivas, além de tolerantes ao sombreamento e adaptadas às condições edafoclimáticas do local de implantação (OLIVEIRA et al., 2005).

GARCIA et al. (2010) destacam que no sistema silvipastoril os componentes forragem, solo, animal e árvores necessitam de técnicas de cultivo e manejo específico,

pois neste sistema ocorre uma integração das espécies no ecossistema, sendo assim os diversos componentes e os efeitos da sua interação não podem ser analisados e conduzidos de forma isolada.

Segundo OLIVEIRA et al. (2007) a otimização do uso da área, preparo do solo, insumos e a diversificação da produção, tornam os sistemas silvipastoris mais complexos que os sistemas de produção convencionais. Portanto, é importante ampliar o número de pesquisas sobre formas de implantação, componentes agrícolas e florestais, manejo e exploração.

Fazendo uma análise sobre o uso de sistemas silvipastoris, MELOTTO (2009) descreve que para sua adoção de forma mais efetiva, é necessário mais divulgação das vantagens do sistema, bem como estudos sobre a adaptação de espécies a diferentes condições climáticas e de solo, visando identificar espécies alternativas às exóticas mais frequentemente utilizadas, como a *Grevilha robusta* e o *Eucalyptus* spp.

### **3.3 A forrageira no sistema silvipastoril**

Um dos componentes básicos dos sistemas silvipastoris são as espécies forrageiras, que são utilizadas para alimentação dos animais. Em geral são gramíneas, porém podem ser utilizadas espécies de leguminosas ou mesmo forrageiras estabelecidas com consórcio de espécies. Cada espécie forrageira apresenta características próprias e interage de forma única em um sistema silvipastoril, por isso a escolha da espécie a ser utilizada deve ser criteriosa e contemplar aspectos relacionados ao sistema, entre estes o sombreamento que pode ser ocasionado pelas árvores.

Segundo TONATO et al. (2010) as variáveis climáticas influenciam diretamente a produtividade das forragens, sendo que temperatura, precipitação pluvial e luminosidade (fotoperíodo e qualidade da luz) afetam diretamente as características das plantas como o acúmulo de massa seca (MS) e a estacionalidade de produção. Ressalta-se que nos sistemas silvipastoris existem fatores que podem alterar todas estas variáveis climáticas.

As espécies mais tolerantes ao sombreamento nem sempre são as mais produtivas num determinado nível de sombra, isto ocorre devido às diferenças no potencial de produção das espécies. Portanto, o critério tolerância ao sombreamento não

pode ser considerado isoladamente como o principal fator na escolha da espécie forrageira a ser utilizada em um sistema silvipastoril, mas sim o potencial de produção desta forragem neste sistema (GARCIA e ANDRADE, 2001; ANDRADE et al., 2003).

A adaptação das espécies forrageiras em um sistema silvipastoril depende principalmente de sua habilidade em crescer em condições edafoclimáticas alteradas pela presença de espécie arbórea no estrato vegetal superior. SOARES et al. (2009) destacam que já está identificada a capacidade produtiva de muitas espécies forrageiras para uso em sistema silvipastoril na região sul do Brasil, porém, faltam definições mais específicas sobre o potencial de produção dessas espécies em um sistema silvipastoril com diversos níveis de sombreamento.

Em estudos que analisaram a produção de forrageiras em ambientes de sub-bosque natural e com sombreamento artificial, SOUZA et al. (2007) concluíram ocorrer redução na produção de MS e produtividade da forragem *Brachiaria brizantha*, independente do tipo de sombreamento.

O crescimento das forrageiras pode ser prejudicado ou favorecido, dependendo da sua tolerância à sombra, ao grau de sombreamento e à competição entre plantas por água e nutrientes. PACIULLO e AROIERA (2007) relatam que o *Panicum maximum* foi uma das gramíneas consideradas tolerantes ao sombreamento, atingindo a 30% de sombreamento, 120% da produção obtida a pleno sol. A *Brachiaria decumbens*, menos tolerante ao sombreamento, teve sua produção diminuída com 65% de sombreamento. Os mesmos autores citam ainda que existe certo consenso de que sistemas silvipastoris podem reduzir a sazonalidade da produção de forragens. O sistema pode permitir ao animal a seleção de mais de uma espécie forrageira e a maior retenção de umidade pode prolongar o período de crescimento das gramíneas.

Em sua avaliação sobre MS de forragem em sistemas silvipastoris, ASSIS et al. (2009), em uma área com predominância de *Brachiaria decumbens*, obtiveram valores médios de MS de forragem total de gramíneas e não gramíneas de aproximadamente 4,2 e 5,0 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A produção de MS de forragens gramíneas, especificamente, foi de 74,3 kg MS ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, considerando um ciclo de pastejo de 28 dias. Os mesmos autores ainda obtiveram resultados matemáticos em uma simulação na determinação da capacidade de suporte de forragem no sistema silvipastoril onde encontraram a capacidade de suporte (CS) de 0,51 Unidade Animal (UA) ha<sup>-1</sup> ou 10,5

ovinos  $\text{ha}^{-1}$ , destacando ainda que a CS de pastagens de *Brachiaria decumbens* é em média de 2 cabeças  $\text{ha}^{-1}$  para bovinos em sistema convencional com pastagem adubada, ou 5 a 8 ovelhas, substituindo um bovino numa área.

KIRCHNER (2009), em sua pesquisa com aveia preta, aveia branca, azevém, trigo, ervilhaca peluda, em função de três diferentes níveis de irradiância: céu aberto com 100% de irradiância; 70% de irradiância e 222 árvores de *Pinus taeda*  $\text{ha}^{-1}$  e 21% de irradiância e 370 árvores de *P. taeda*  $\text{ha}^{-1}$ , observou que o azevém foi a espécie mais produtiva em todos os níveis de irradiância, embora a ervilhaca tenha a menor redução de produção quando sombreada. O autor destaca ainda que houve maior potencial hídrico nas plantas e maior umidade no solo, em ambientes sombreados, mesmo assim a produção de forragem foi drasticamente reduzida (81%) no nível de menor irradiância.

Com o sombreamento provocado pelo plantio das árvores podem ocorrer alterações nas forrageiras, sendo exemplos destas modificações morfológicas nas plantas: o comprimento e orientação da lâmina foliar, comprimento do colmo e pecíolo, número de folhas e a relação folha: colmo; bem como a concentração de nitrogênio (N) e por consequência destas alterações são provocados impactos sobre a produção da forrageira (GARCIA et al., 2010; CASTRO et al., 1999).

O sombreamento pode acarretar alterações no teor de MS e no acúmulo de material morto nas plantas forrageiras. GARCIA et al. (2010), fazendo análise sobre esta questão, destacam que as plantas que crescem em ambientes sombreados possuem mais água e são mais suculentas, pois seu desenvolvimento é mais lento e perdem menos água, por consequência possuem menor MS. Assim, fica perceptível que num sistema silvipastoril a presença de árvores proporcionando sombreamento pode provocar alterações na composição e produção das plantas forrageiras.

Pesquisando sobre produção de pastagem em sistema silvipastoril, SOUZA et al. (2007) ressaltam que há necessidade de se escolher forrageiras que possam ser utilizadas sob condições de luminosidade reduzida, e ainda que as gramíneas do gênero *Brachiaria* são muito utilizadas e podem compor sistemas com condições de sombreamento natural.

São várias as espécies forrageiras utilizadas em sistemas silvipastoris, dependendo principalmente das condições edafoclimáticas da região e da finalidade da forrageira. Na Região Centro Oeste do Paraná, uma espécie que está sendo

frequentemente utilizada nos sistemas silvipastoris é a grama-bermuda, que segundo TALIAFERRO et al. (2004) é o termo empregado principalmente para a espécie rizomatosa de *Cynodon dactylon*.

A forrageira *Cynodon dactylon* cv Tifton 85, segundo OLIVEIRA et al. (2000), foi desenvolvida por BURTON et al. (1993), na Coastal Plain Experiment Station (USDA-University of Georgia), em Tifton, sul do Estado da Geórgia, oriundo do cruzamento de uma introdução sul-africana (PI 290884) com o Tifton 68.

Segundo SCHULZ et al. (2010), esta gramínea foi introduzida no Brasil por produtores de leite, sendo muito usada na alimentação animal, tanto na forma de feno, quanto sob pastejo. Entretanto, em seu estudo com a avaliação de sistemas silvipastoril composto por pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e Tifton 85, ressaltam que são escassos os estudos que tratam da utilização e do desenvolvimento desta forrageira nesses ambientes, sendo tal fato fundamental, pois as culturas podem interagir positiva ou negativamente garantindo ou não ao agricultor ganhos econômicos satisfatórios.

OLTRAMARI e PAULINO (2009), analisando plantas forrageiras para alimentação de gado leiteiro, destacam que as gramas do gênero *Cynodon*, estão entre as principais gramíneas estivais (ciclo C4). Destacam ainda que este gênero é composto por várias espécies, chamadas de gramas bermuda, onde se destacam o Tifton 85 e o Coast-cross e que o Tifton 85 foi selecionado por sua elevada produção de MS e boa digestibilidade em comparação à maioria das gramas bermudas híbridas.

Como resultado de seus estudos, SCHULZ et al. (2010) afirmam que não houve efeito significativo das áreas úteis de crescimento dos organismos lenhosos sobre a altura das plantas de Tifton 85 na primeira avaliação. Destacam ainda que a ausência de significância para a altura de plantas revela que o índice de sombreamento proporcionado pelas plantas de pinhão manso no início do seu desenvolvimento não promoveu alterações morfológicas nas plantas de Tifton 85.

### **3.4 A árvore no sistema silvipastoril**

Outro componente básico de um sistema silvipastoril é a árvore, sendo fundamental a definição adequada das espécies arbóreas para sua implantação. A presença das árvores pode provocar alteração de vários fatores de produção, assim como

a utilização de espécies florestais e herbáceas apropriadas, a arborização das pastagens pode aumentar a produção e a qualidade das forrageiras e melhorar o desempenho dos animais em ganho de peso, lactação, sanidade e reprodução (MELOTTO et al., 2009).

Para PROBST et al. (2005) a utilização de espécies arbóreas adaptadas à região em áreas de pastagem formando sistemas silvipastoris, constitui-se em uma alternativa para produtores familiares como forma de aumentar o nível de rendimento econômico, apresentando ainda vantagens em relação a aspectos agronômicos, sociais e ecológicos

O plantio de espécies de árvores com características adequadas é, segundo NEPOMUCENO e SILVA (2009), uma condição essencial para o desenvolvimento e sustentabilidade de um sistema silvipastoril. Assim, destacam que uma das características que são desejadas na seleção das espécies florestais para compor um sistema é a rapidez de crescimento para diminuir a possibilidade de danos causados pelo gado.

Segundo MELO e ZOPY (2004) e DIAS-FILHO (2011), são características desejáveis nas espécies para arborização de pastagens: a compatibilidade ecológica com o local, serem perenifólias, apresentar crescimento rápido, ser resistente a ventos, fixar N, possuir troncos altos e copa pouco densa de modo a possibilitar a passagem de luz, capacidade de regeneração rápida quando parcialmente danificada e ausência ou baixo potencial invasivo para evitar propagação indesejada. Os autores relatam que é desejável que a árvore ofereça produtos para exploração comercial como madeira, óleo, frutos ou carvão.

Existem diversas espécies florestais que podem ser utilizadas em um sistema silvipastoril, principalmente com relação ao tamanho, tipo de copa e finalidade. Em seus estudos onde realizou um comparativo entre espécies de eucalipto, CRUZ (2007) concluiu que o *Eucalyptus grandis* é a espécie de melhor desempenho para compor sistemas silvipastoris no noroeste do Paraná.

CRUZ (2007) também destaca que o uso de práticas culturais como adubação, roçadas periódicas e podas influenciam positivamente o rendimento volumétrico dos eucaliptos. Relata ainda que o componente florestal, agregando valor com a comercialização da madeira, é capaz de viabilizar economicamente os sistemas silvipastoris paranaenses.

ANDRADE (2000), realizando estudos sobre sistemas silvipastoril com

*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, verificou que as árvores apresentaram, em média, aos 66 meses de idade, as seguintes dimensões: altura média de 23,6 m e diâmetro à altura do peito (DAP) de 22,7 cm e estimou a biomassa aérea das árvores em 71,4 t ha<sup>-1</sup>. Este autor obteve a contribuição relativa dos diferentes componentes, para a biomassa total da parte aérea, sendo que decresceu da seguinte forma: tronco (61,5%), galhos (15,9%), casca (12,1%) e folhas (10,5%).

Nas pesquisas com estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) sub-espécie *maidenii*, SCHUMACHER e CALDEIRA (2001) concluíram que a biomassa da copa e do fuste representam, respectivamente, 22,3% e 77,7% da biomassa total acima do solo, tendo a seguinte distribuição: madeira > folhas > ramos > casca. Os autores descrevem que a ordem da quantidade total dos nutrientes no povoamento foi Ca>N>K>Mg>P, onde as folhas possuem os maiores conteúdos de N e P. Do conteúdo total de Ca na biomassa acima do solo, 67,9% está alocado na casca e tronco, o restante está na copa (folhas e ramos).

Considerando o espaçamento utilizado, ANDRADE (2000) destaca que o sistema silvipastoril apresenta boa produtividade de madeira. Além disso, complementa que várias espécies e clones de eucaliptos utilizados pela Companhia Mineira de Metais em seus sistemas silvipastoris, têm apresentado maior produtividade que a espécie estudada no seu trabalho, quando avaliou um sistema agrissilvipastoril, constituído por *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake e *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1, na região dos Cerrados de Minas Gerais.

Segundo SANTANA et al. (2008) a produção de uma floresta é determinada pela quantidade de radiação solar interceptada pela copa e pela eficiência de conversão dessa radiação em biomassa. Essa eficiência é principalmente influenciada pela disponibilidade de água e de nutrientes disponível na área.

Analisando diferentes espaçamentos de plantio das árvores, LADEIRA (1999) verificou, para três espécies de Eucaliptos, que o aumento do espaçamento ocasionou maior produção de biomassa aérea por árvore, e menor por área. O incremento médio anual de biomassa do tronco, verificado por este autor para o *Eucalyptus urophylla*, na região de Três Marias - MG aos 84 meses de idade e no maior espaçamento testado (4 x 3 m), foi de 7,2 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Uma das espécies de eucalipto que está se destacando na Região Centro Oeste do Paraná é a *Eucalyptus dunnii*, que segundo SCHNEIDER et al. (1997) é encontrada naturalmente em regiões de baixas altitudes e no fundo de vales em regiões basálticas e nas bordas de florestas tropicais na Austrália. Ressaltam ainda que a espécie responde bem ao crescimento em volume e altura, nas regiões onde ocorrem chuvas de verão bem distribuídas, e por esse motivo tem despertado especial atenção por parte das empresas de celulose, especialmente pela sua densidade o que traduz em maior rendimento no processo industrial, e ainda apresenta resistência ao frio.

Segundo PALUDZYSZYN FILHO e SANTOS (2005), o *Eucalyptus dunnii* é indicado para plantio em regiões com temperaturas mínimas de até -5° sob condições de aclimação prévia mediante gradual redução da temperatura na estação fria. Destacam ainda que o *Eucalyptus dunnii* é a espécie com maior número de indicações favoráveis para crescimento em condições de clima temperado.

### **3.5 Sombreamento e luminosidade em sistemas silvipastoris**

Os sistemas silvipastoril prevêm a associação do cultivo de plantas de diferentes portes, em especial as forrageiras e as árvores. Este cultivo de duas ou mais espécies com características diferentes em uma mesma área provoca interações diversas, entre as quais se destaca a alteração na quantidade de luz que chega até as espécies que são cultivadas em sub-bosque. Sendo assim é muito importante a avaliação e determinação da transmissão de luz ao sub-bosque de um sistema (ANDRADE, 2000).

Para BARRO et al. (2008) o sucesso produtivo dos sistemas silvipastoris para produção forrageira depende basicamente da interação otimizada da densidade arbórea com o crescimento e a qualidade da pastagem no sub-bosque sombreado, em virtude das alterações provocadas pela redução da radiação fotossinteticamente ativa imposta pelas árvores, tanto em quantidade quanto em qualidade da luz.

A quantidade de luz disponível para o crescimento das forrageiras em um sistema silvipastoril, segundo GARCIA e ANDRADE (2001) e ANDRADE (2000), pode ser considerada como um fator fundamental para a sustentabilidade do sistema, pois a alteração na luminosidade pode influenciar positivamente ou negativamente o desenvolvimento das plantas, ou seja, a luz é um dos fatores que determinam o

potencial de produção das forrageiras.

Comentando sobre a importância do sombreamento proporcionado em um sistema silvipastoril, SILVA et al. (2011) e GARCIA et al. (2011), ressaltam que o sombreamento neste sistema de produção é uma alternativa para reduzir os efeitos das condições climáticas estressantes para os animais, proporcionando assim conforto térmico que proporciona manutenção dos parâmetros fisiológicos de búfalas leiteiras, mais próximos à normalidade, o que é refletido positivamente na produção. Ainda, SILVA et al. (2011) concluem em suas pesquisas que a temperatura ambiente é fator de maior impacto sobre o bem estar dos animais pesquisados manejados em sistemas silvipastoris.

Com o crescimento das árvores e estabelecimento da floresta a vegetação herbácea em sub-bosque se modifica devido às alterações nos fatores ambientais, como intensidade e qualidade da luz, balanço de radiação e condições hídricas, entre outros. Também se verifica que a intensidade de luz incidente sobre o estrato herbáceo se reduz com o desenvolvimento da floresta plantada (PILLAR et al., 2002).

SOARES et al. (2009) reforçam esta questão destacando que o crescimento das espécies cultivadas em sub-bosque, em geral as pastagens, é dependente do nível de radiação que chega ao estrato inferior de um sistema silvipastoril, sendo determinante para o crescimento e desenvolvimento de espécies em sub-bosque. Comentam ainda que para amenizar o impacto do sombreamento das árvores perante as demais espécies, é comum a utilização de práticas silviculturais como os desbastes de árvores e raleamento dos ramos nas árvores. Contudo, o ideal é o planejamento dos espaçamentos entre árvores, desde seu estabelecimento, para que as plantas adaptem-se ao nível de sombreamento, permitindo crescimento equilibrado entre as árvores e a pastagem.

Os estudos sobre os aspectos morfofisiológicos e nutricionais da interação entre árvores e gramíneas forrageiras mostram que os efeitos provocados pelas árvores devido à redução da luminosidade disponível para as forrageiras que crescem sob suas copas, dependem tanto da espécie forrageira considerada quanto do nível de sombreamento imposto pelas espécies arbóreas associadas (PACIULLO et al., 2007).

Em sua pesquisa, CASTRO et al. (1999) analisando seis espécies de gramíneas forrageiras tropicais (*Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich.) Stapf, cv. Marandu; *B. decumbens* Stapf; *Melinis minutiflora* Beauv.; *Andropogon gayanus* Kunth var.

bisquamulatus (Hoscht) Hack, cv. Planatina; *Panicum maximum* Jacq., cv. Vencedor; *Setaria anceps* Stapf ex Massey, cv. Kazungula) submetidas a três níveis de sombreamento (0, 30 e 60% de sombra, respectivamente), constataram que o sombreamento influenciou a produção de MS, a concentração de N e as características morfológicas das espécies avaliadas, e ainda que influenciou de forma diferente a produção de biomassa das espécies, ou seja, o impacto do sombreamento provocou variações diferentes na produção das espécies forrageiras pesquisadas.

Os impactos na produção de pastagem devido ao sombreamento ocasionado pelas árvores são diversos. Por exemplo, GARCIA et al. (2010) fazendo uma análise sobre esta questão e consultando vários autores citam que, de modo geral, mesmo algumas forrageiras sendo mais tolerantes à sombra que outras, a diminuição da intensidade luminosa provoca redução na produtividade das plantas. Contudo, destacam também que muitos pesquisadores têm observado respostas positivas da produção de forragem em relação à sombra.

Padrões de distribuição espacial de comunidades campestres sob plantio de *Eucalyptus* spp foram avaliados por PILLAR et al. (2002). Os autores concluíram que comunidades localizadas em sítios menos sombreados tendem a ter maior cobertura do solo com espécies vegetais com sistema de fixação de carbono do tipo C4, ao passo que sob sombreamento intermediário e mais intenso, a comunidade de plantas do sub-bosque apresenta maioria das espécies com sistema C3. Isto indica que espaçamentos e arranjos mais amplos nos plantios de Eucalipto devem ser avaliados visando ao favorecimento das gramíneas forrageiras tropicais (C4), na implantação de sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris. Esta análise é complementada quando se verifica que na maioria dos estudos com gramíneas tropicais, existem relatos sobre a redução na produção de forragem sob sombreamento intenso, em razão da acentuada diminuição das taxas fotossintéticas das gramíneas de sistema C4.

PACIULLO et al. (2007), em suas pesquisas com *Brachiaria decumbens*, um conjunto de leguminosas arbóreas e com *Eucalyptus grandis*, afirmam que um componente importante da produção de forragem, fortemente influenciado pelas condições de luminosidade, foi a densidade de perfilhos. Ou seja, o sombreamento proporcionado por árvores, alterou tanto a intensidade quanto a qualidade (relação vermelho: vermelho distante) da radiação incidente no sub-bosque, e isto afetou

diretamente a produção de perfilhos.

Em seu estudo sobre sistemas silvipastoris, ANDRADE (2000) avaliou a transmissão de luz ao sub-bosque do sistema agrossilvipastoril, sendo que para espaçamento dos eucaliptos de 10 x 4 m, com 5 anos, com as linhas de plantio orientadas no sentido leste-oeste, considerando a média de toda a área do sub-bosque, a transmissão de luz correspondeu a 32% da densidade do fluxo de fótons medida a pleno sol. Destaca ainda que dependendo da época do ano esta transmissão de luz pode chegar a 50% em relação ao pleno sol.

Os resultados de redução de luminosidade em um sistema silvipastoril também foram observados por PACIULLO et al. (2011), que descrevem que com o crescimento das árvores, em sistemas agrossilvipastoris, há uma diminuição progressiva da luminosidade disponível para o sub-bosque que influencia a produtividade do pasto. No seu experimento as faixas com árvores foram estabelecidas em nível e distanciadas de 30 m umas das outras, o que totalizou a densidade de 342 árvores ha<sup>-1</sup>, sendo que o componente arbóreo foi constituído em 90% pela leguminosa *Acacia mangium* e por *Eucalyptus grandis*. A radiação incidente no sub-bosque do sistema agrossilvipastoril variou em função da interação tratamento x época do ano, ou seja, distância ao renque de árvores x época do ano. As percentagens de sombreamento de 60 e 43%, estimadas sob o dossel arbóreo e a 3 m de distância deste, respectivamente, são consideradas excessivas para o adequado crescimento das gramíneas do gênero *Urochloa*. As condições de sombreamento superiores a 30%, incidentes a até 6 m de distância do renque de árvores, propiciaram maior teor protéico à forragem, mas foram prejudiciais ao perfilhamento e ao acúmulo de forragem.

A questão da luminosidade no sistema silvipastoril é uma entre as várias complexas interações que ocorrem neste sistema, devendo assim ser analisadas e precisam sofrer intervenções tecnológicas. Para maximizar a produtividade do sistema como um todo, é preciso intervir através do manejo dos diferentes componentes do sistema, sendo que a quantidade de luz pode ser controlada, basicamente por quatro maneiras: a) espaçamento, por meio da escolha da densidade de plantio e do direcionamento das linhas de plantio do componente arbóreo; b) seleção de espécies arbóreas em função das características de sua copa; c) manejo, por meio da realização de operações de desbaste e desrama; e d) seleção de espécies forrageiras tolerantes ao

sombreamento (GARCIA e ANDRADE, 2001; ANDRADE, 2000).

### **3.6 O solo no sistema silvipastoril**

Nos sistemas silvipastoris o uso de espécies forrageiras e florestais com a presença de animais acarreta um aumento da complexidade do sistema e faz com que a conservação e manejo da fertilidade do solo sejam realizados com mais variáveis que em uma monocultura. Segundo COSTA et al. (2002) neste sistema, as espécies arbóreas, além de promover diversos benefícios, como os já citados podem também desempenhar função importante na melhoria e manutenção do solo e de sua fertilidade, basicamente com o aporte de uma maior diversidade e quantidade de resíduos orgânicos.

O manejo inadequado da fertilidade do solo, das espécies forrageiras exploradas e da taxa de lotação animal, pode ocasionar redução da produtividade das pastagens e também pode afetar diretamente a qualidade física do solo. Segundo FIDALSKI et al. (2008), o pastoreio em sistema de lotação contínua, com controle da taxa de lotação animal e manutenção da massa de forragem, e adubado com N, não comprometeu a qualidade física do solo estudado.

Com relação à ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais GAMA-RODRIGUES (2004), ressalta que o ciclo biogeoquímico inicia-se com o processo de absorção e acúmulo do nutriente na biomassa, sua alocação nos diferentes componentes da planta, transferência do elemento para o solo via produção de serapilheira e lixiviação de partes da planta e renovação de raízes, incorporação do mesmo no solo mediante a decomposição e lixiviação da serapilheira acumulada e conclui-se com a reabsorção do nutriente pela planta.

Os sistemas agroflorestais, entre eles o sistema silvipastoril, proporcionam maior cobertura do solo, promovem a ciclagem de nutrientes a partir da ação de sistemas radiculares diversos e propiciam contínuo aporte de resíduos orgânicos. Assim, pode-se afirmar que provocam efeitos diretos ao solo e promovem a reciclagem de nutrientes de camadas mais profundas, desta forma os sistemas silvipastoris representam uma alternativa sustentável de manejo do solo (MAIA et al., 2008; CASTRO e PACIULLO, 2006).

Segundo DIAS-FILHO (2006) o sistema silvipastoril promove melhorias ao solo, a médio e longo prazo, devido à ciclagem de nutrientes, que em geral são absorvidos pelas raízes das árvores em camadas mais profundas do solo e depois são depositadas na superfície onde podem ser decompostos e incorporados ao solo. Também destaca que podem ocorrer melhorias significativas no solo, devido ao sombreamento proporcionar uma maior atividade microbiana e, se as árvores utilizadas forem capazes de realizar associações microbianas, fixar N do ar.

O monitoramento da qualidade do solo, segundo MAIA et al. (2008), tem sido uma ferramenta para avaliação da viabilidade ambiental de um determinado agrossistema. Estes autores citam ainda que o estoque da matéria orgânica do solo (MO) é regulado principalmente pelo aporte dos resíduos orgânicos e pela taxa de decomposição das frações orgânicas.

Conforme XAVIER et al. (2006), a MO é considerada uma das principais fontes de energia e nutrientes aos sistemas, contribuindo para a manutenção da produtividade dos solos. Destacam ainda que os sistemas produtivos, em especial as monoculturas, ao alterarem o ambiente natural, afetando a física e a química do solo, interferem diretamente no aporte do carbono aos diversos compartimentos da MO. Nesta perspectiva, devido à diversidade de espécies e formas de cultivo preconizadas nos sistemas silvipastoris, sugere-se uma diminuição deste impacto junto ao solo e ou até mesmo uma melhoria em relação ao aporte de carbono.

Em sua pesquisa com sistemas agrossilvipastoril, silvipastoril, tradicional de 1998, tradicional de 2002, cultivo intensivo convencional e duas áreas com mata nativa como testemunhas, MAIA et al. (2006) observaram que os sistemas silvipastoris com aportes líquidos de MS de MO de aproximadamente  $4,5 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , apresentaram taxas anuais de aporte de MO superiores a observada nos sistemas floresta nativa, no modelo tradicional e no cultivo intensivo convencional. Assim os autores destacam que os sistemas silvipastoris são mais eficientes em aportar MO ao solo, o que significa também maior eficiência na ciclagem de nutrientes.

Conforme MAIA et al. (2008), pesquisando frações de N em luvisolo sob sistemas agroflorestais e convencional, o N da biomassa microbiana não apresentou diferenças significativas entre os sistemas pesquisados, entre eles, o silvipastoril. Estes autores citam ainda que o N da biomassa microbiana representa a fração ativa da MO e

está diretamente relacionado com os processos de mineralização e imobilização do N do solo.

A população microbiana, conforme KAUR et al. (2000), é influenciada diretamente pela qualidade da MO presente no solo, assim os sistemas silvipastoris ao contribuírem com uma diversidade maior de resíduos ao sistema faz com que a diversidade da MO seja ampliada, proporcionando por consequência melhorias na população microbiana e nos processos de disponibilização de N ao solo e às plantas.

Conforme RADOMSKI e RIBASKI (2009) em relação à fertilidade dos solos sob sistemas silvipastoris, deve-se considerar o fato de que espécies como o eucalipto, que possuem uma alta relação C/N, poderiam, ao longo do tempo, tornarem-se concorrentes por N com a pastagem. Uma alternativa para este problema é a introdução de espécies leguminosas no sistema. Os autores destacam também que a introdução de leguminosas arbóreas fixadoras de N, em linhas mistas com as espécies não fixadoras, resultaria em sistemas mais diversificados e, possivelmente, mais estáveis do ponto de vista da produção de pastagem, situação corroborada por CASTRO e PACIULLO (2006).

NEVES et al. (2004), acompanhando sistemas agrossilvipastoris na região do cerrado de Minas Gerais, observaram uma tendência de aumento no estoque de carbono ao longo do tempo, demonstrando a eficiência do sistema na captura e manutenção de carbono no solo e na biomassa. Por outro lado, SANTOS et al. (2009) verificaram uma diminuição nos estoques de carbono orgânico total na camada superficial em um sistema agrossilvipastoril no Rio Grande do Sul em relação à área de campo natural, sugerindo um efeito negativo do pastejo intensivo com menor acúmulo de resíduos culturais ao solo.

Com relação aos atributos químicos do solo das áreas dos sistemas estudados por MAIA et al. (2006), os tratamentos silvipastoril e mata nativa 2 apresentaram os menores teores de bases trocáveis no solo. Ressaltam que considerando que esses dois tratamentos receberam um aporte contínuo de MO e não promoveram revolvimento do solo, possivelmente os menores teores de bases trocáveis estão associados às variações no conteúdo de argila nessas áreas, proporcionando aumento nos teores da fração areia, o que leva à redução dos sítios de troca, acarretando menor retenção dos elementos trocáveis. Os mesmos autores citam ainda que foram encontrados coeficientes de

correlação negativos de -0,63, -0,47, -0,31 e -0,66 entre os teores de Ca, Mg, K e Na trocáveis, respectivamente, e a fração areia grossa.

CAMPOS e ALVES (2006), destacam que para avaliar os efeitos dos sistemas de manejo do solo é importante determinar a resistência do solo à penetração, pois esta é uma das propriedades físicas que influenciam diretamente o crescimento das raízes e da parte aérea das plantas.

Com relação à física do solo, CASTRO e PACIULLO (2006) descrevem que o sistema radicular das árvores que são implantadas no sistema silvipastoril contribui também para modificar a porosidade do solo e ampliou a taxa de infiltração de água, levando a diminuição da sua erodibilidade.

Segundo MAIA et al. (2006), estudando os impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo concluíram que os resultados obtidos para a granulometria foram variáveis e não apresentaram comportamento que pudesse ser atribuído ao manejo realizado nos tratamentos, desse modo, as diferenças observadas devem estar relacionadas, principalmente, à variabilidade espacial da área experimental.

Destacam ainda, MAIA et al. (2006), que não constataram diferenças entre os tratamentos quanto aos teores das frações areia grossa e fina do solo. Entretanto, os tratamentos silvipastoril e mata nativa 2 apresentaram os maiores resultados para a fração areia grossa em todas as camadas. Quanto aos teores de silte os mesmos autores citam que a área mata nativa 2 apresentou menor teor quando comparada com os demais tratamentos, diferindo do agrossilvipastoril nas camadas de 0-6 e 6-12 cm e do tradicional de 2002 apenas na camada superficial. Com relação à fração argila, apenas o tratamento mata nativa 2 ( $111,4 \text{ g dm}^{-3}$ ) diferiu do tradicional de 2002 ( $360,5 \text{ g dm}^{-3}$ ), na camada de 6-12 cm. Na camada de 12-20 cm, os tratamentos silvipastoril e mata nativa 2 apresentaram os menores teores, diferindo apenas do tradicional de 2002.

No trabalho sobre resistência mecânica do solo à penetração CUNHA et al. (2002) ressalta a importância de estudos sobre a resistência mecânica do solo à penetração pois que vem sendo usada há anos, com várias aplicações em diversos campos da pesquisa agrônômica. É um índice relevante para a caracterização e manejo do solo. Atualmente, várias aplicações estão consolidadas, tais como: detecção de camadas compactadas, estudo da ação de ferramentas de máquinas no solo, prevenção de impedimento mecânico ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas,

predição da força de tração necessária para execução de trabalhos, conhecimento de processos de umedecimento e ressecamento, dentre outras.

### **3.7 Quantificação de biomassa**

Como definição de biomassa, utilizando o conceito de MARTINELLI et al. (1994), para uma floresta, pode-se dizer que a biomassa é a quantidade expressa em massa do material vegetal disponível em uma área, sendo que os componentes de biomassa geralmente estimados são a biomassa viva horizontal acima do solo, composta de árvores e arbustos, a biomassa morta acima do solo, composta pela serapilheira e troncos caídos, e a biomassa abaixo do solo, composta pelas raízes. A biomassa total é dada pela soma de todos esses componentes.

GUEDES et al. (2001) discorrendo sobre biomassa afirmam que a biomassa ( $\text{kg m}^{-2}$ ) é um indicador de produtividade ( $\text{kg m}^{-2} \text{ano}^{-1}$ ) de um sítio variando com a precipitação, temperatura, latitude e altitude. Os autores afirmam ainda que a biomassa pode não estar relacionada diretamente com a produtividade, sendo também que varia conforme o estado sucessional da vegetação em análise, por exemplo, uma floresta adulta que tem muita biomassa pode ter baixa produtividade.

Quanto à utilidade e importância de quantificar a biomassa, segundo CAMPOS (1991), a medição da biomassa é um instrumento útil na avaliação de ecossistemas devido a sua aplicação na avaliação da produtividade, conversão de energia, ciclagem de nutrientes, absorção e armazenamento de energia solar, possibilitando um conjunto de informações que viabilizam conclusões para exploração racional das florestas e outros sistemas de produção.

Em seu estudo sobre o estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais, SILVEIRA et al. (2008) descrevem que os estudos de biomassa florestal são feitos com objetivos diversos, dentre os quais se destacam a quantificação da ciclagem de nutrientes, a quantificação para fins energéticos e o fornecimento de informações básicas para estudos de sequestro de carbono.

Devido à complexidade dos ecossistemas, segundo MARTINS (2011), para garantir resultados satisfatórios nas avaliações de biomassa e de fixação de carbono pelas florestas, se faz necessário o emprego de métodos apropriados. Este autor destaca

ainda que o uso generalizado de avaliações superficiais em estudos sobre a questão está provocando a utilização indiscriminada de percentuais referentes a teores de carbono para tentar quantificar valores de biomassa e fixação de carbono para as florestas. O referido autor ainda descreve que para a tomada de decisão sobre atividades de manejo florestal com vistas a melhorar o desenvolvimento, rendimentos e até mesmo proteger as florestas, são muito importantes as informações que podem ser obtidas pelo conhecimento da capacidade de absorção de carbono na biomassa florestal, em diferentes tipologias, graus de sucessão e interferência.

Segundo VALÉRIO (2009) é crescente o interesse em relação às florestas plantadas com rápido crescimento como fixadoras de carbono, havendo a necessidade do desenvolvimento de metodologias e técnicas adequadas para determinação e correto entendimento do volume de biomassa e carbono acumulados.

São poucos os estudos de quantificação de biomassa e carbono, pois conforme WATZLAWICK (2003) e VALÉRIO (2009) estes estudos demandam muito trabalho, tempo e recursos financeiros, sendo assim difíceis e onerosos de serem executados.

Contudo, quanto aos métodos de obtenção de biomassa pode-se dizer que existem métodos diretos e indiretos. Segundo a descrição de WATZLAWICK (2003), SOCHER (2004), SILVEIRA (2008) e VALÉRIO (2009) os métodos diretos implicam em determinações, necessitam da medição da biomassa existente em cada compartimento desejado, ou seja, por estes métodos as plantas são cortadas e seus componentes separados e pesados. Já os métodos indiretos, utilizam variáveis de mais fácil obtenção para a estimativa da biomassa utilizando modelos matemáticos anteriormente testados, ou seja, podem ser utilizadas equações alométricas e até mesmo imagens de satélite para realizar as estimativas.

Conforme CAMPOS (1991) na maioria dos casos é necessário uma amostragem destrutiva para a estimativa correta de biomassa. Normalmente a biomassa arbórea é medida a partir de seus componentes. A separação e especificação destes componentes variam de acordo com o tipo de povoamento e os objetivos a serem alcançados. Esta variação pode incluir ou excluir alguns componentes específicos tais como flores, frutos ou detalhar outros como raízes e ramos, subdividindo em raízes finas e raízes grossas, ramos com idades e espessuras diferentes.

Como exemplos de quantificação de biomassa em estudos ressaltam-se as pesquisas de SCHUMACHER (2002) e SANTANA et al. (2008), onde o primeiro determinou a quantidade de carbono orgânico na biomassa arbórea de um povoamento de *Pinus taeda* com 20 anos de idade, localizado no município de Cambará do Sul – RS, mediu todos os diâmetros na altura do peito (DAP) e depois de calculada a árvore de área basal média, a mesma foi cortada em cada parcela, sendo pesada na totalidade, amostrando as acículas, os galhos, a casca do tronco e a madeira. Já os segundos autores estabeleceram um modelo para estimar a produção de biomassa do gênero *Eucalyptus* em diferentes idades e regiões do Brasil, utilizando o método da árvore média em cada povoamento, onde foram inventariadas algumas parcelas, sendo a espécie analisada quanto à biomassa em seus diversos compartimentos.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Seleção da propriedade e levantamento preliminar**

Com base em indicações feitas pelos técnicos das Unidades Municipais do Instituto Emater, foram selecionadas na região propriedades com os sistemas silvipastoril, pastagem e floresta homogênea já implantados.

Após uma pré-seleção, foram visitadas 8 propriedades em 5 municípios da Região, durante o mês de novembro de 2010. Foi efetuada então, a seleção de duas propriedades que reuniram as condições suficientes para a realização da pesquisa, ou seja, que possuíssem os sistemas silvipastoril, pastagem e floresta homogênea com condições de tecnologia (solo, manejo e espécie) e idades de implantação semelhantes que viabilizassem desta maneira as condições para as comparações e análises entre os sistemas.

Nas propriedades selecionadas realizou-se um levantamento expedito, o registro de informações e imagens das propriedades. Neste levantamento obtiveram-se informações gerais, incluindo dados socioeconômicos e tecnológicos das propriedades.

### **4.2 Caracterização da área de estudo**

#### **4.2.1 Localização**

As áreas analisadas estão localizadas no município de Nova Laranjeiras, comunidade de Divisor, na Região Centro Oeste do Paraná, com foco na realidade dos municípios do Território da Cidadania Cantuquiriguaçu, conforme pode ser verificado na Figura 1.

Os sistemas silvipastoril e pastagem pertencem à mesma propriedade que possui 18,5 ha e é uma propriedade rural característica da agricultura familiar. A propriedade onde se avaliou o sistema floresta homogênea possui uma área de 125,8 ha e está distante a cerca de 1.200 m da primeira propriedade. As áreas estão situadas a uma altitude média de 700 m.

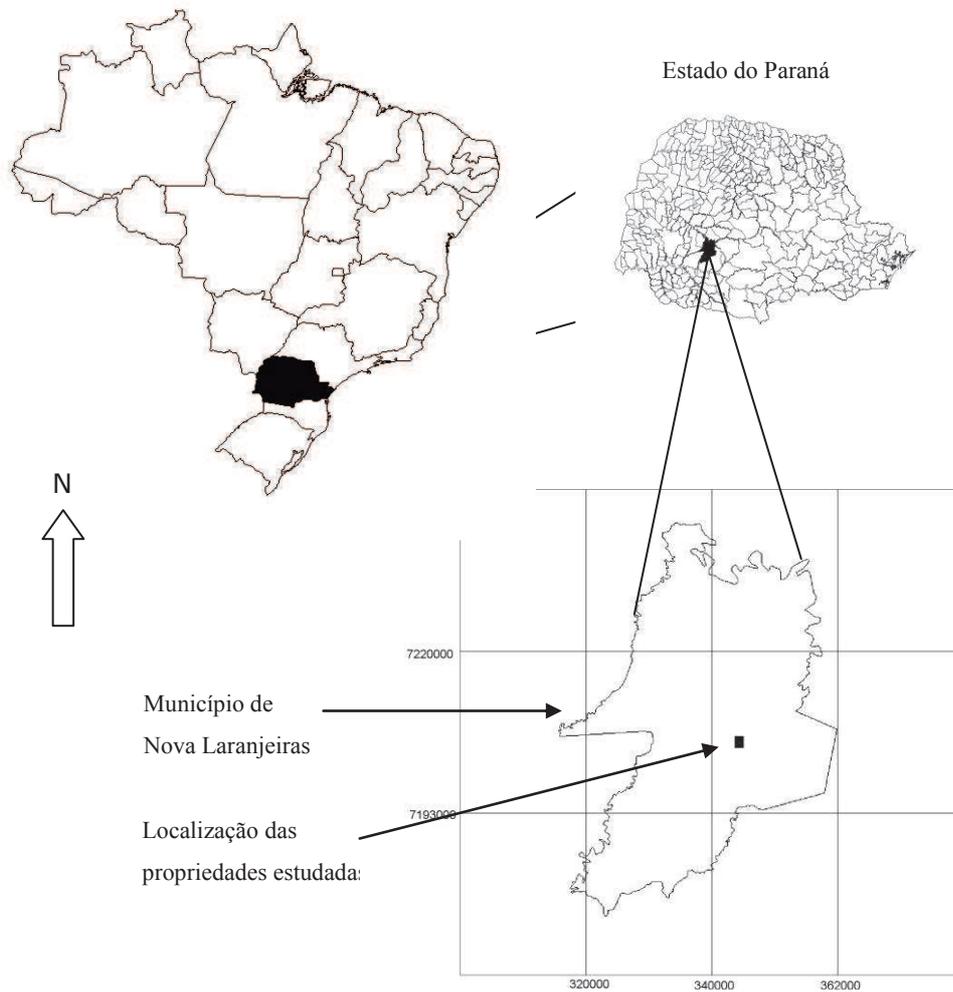


Figura 1. Localização da área do experimento

#### 4.2.2 Clima

Com relação ao clima, conforme IAPAR (2012), a região do experimento está em uma zona de transição entre os climas Cfa e Cfb da classificação de Köppen. Porém, as propriedades estudadas estão situadas predominantemente em região que faz parte do clima Cfb, que se caracteriza por ter chuvas bem distribuídas durante o ano e verões amenos. As temperaturas médias anuais oscilam em torno de 17 °C e a pluviosidade atinge em média 1.200 mm anuais.

### 4.2.3 Solo

O solo das áreas que compuseram o experimento, segundo EMBRAPA e IAPAR (2008), está localizado em uma mancha de Nitossolos e Latossolos Brunos distróficos. Para caracterização das condições químicas do solo, são apresentados na Tabela 1, os resultados médios de análises de solo realizadas no sistema silvipastoril, efetuadas a 0,0 - 0,20 m de profundidade, no mês de março de 2011.

Tabela 1. Resultados de análises do solo realizadas no sistema silvipastoril, referentes a pH, matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), em Nova Laranjeiras – PR, 2011

pH CaCl	MO g dm <sup>-3</sup>	P Mehlich mg dm <sup>-3</sup>	Complexo sortivo cmol dm <sup>-3</sup>							Bases V %
			K	Ca	Mg	Al	H+Al	Soma de Bases	CTC pH 7,0	
5,3	41,7	4,2	0,48	4,6	2,9	0,14	4,60	8,24	12,89	64,28

Fonte: Levantamentos de campo em março de 2011. Dados do autor.

## 4.3 Descrição dos sistemas e condições de cultivo

### 4.3.1 Sistema pastagem

Neste sistema a forrageira é cultivada como monocultura, conforme se observa na Figura 2. A espécie utilizada é a *Cynodon dactylon* cv Tifton 85 e foi implantada a partir do ano de 2006. O plantio foi realizado com mudas após o preparado do solo com uma aração e gradagem. O solo na implantação foi corrigido com calcário e fosfato natural conforme recomendação da análise de solo. A declividade média da área é 11,6%.

A área é dividida em piquetes com aproximadamente 1.000 m<sup>2</sup>. A forma de utilização da área é o pastoreio rotacionado, onde em cada um dos 11 piquetes, são colocadas as vacas e novilhas, que permanecem no piquete por 24 horas. Os piquetes são utilizados em média 15 vezes ao ano. Os animais entram nos piquetes com a forrageira a uma altura entre 0,25 a 0,30 m, sendo que em Unidade Animal (UA) a

lotação média de cada piquete por rotação é de 15 UA dia<sup>-1</sup>. Na saída dos animais a forrageira fica com uma altura de cerca de 0,10 m.

Os animais, além da forrageira, recebem complementação alimentar com 20 a 25 kg vaca<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de silagem, 2 a 4 kg vaca<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de farelo de soja e 1 a 2 kg vaca<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de milho moído.

A adubação de manutenção é realizada com 10 kg de uréia e 4 kg de cloreto de potássio por piquete, após o pastoreio dos animais. Esta adubação é realizada no período de outubro a fevereiro, quando existe uma resposta mais efetiva das forrageiras. Uma vez por ano é também colocado 25 kg de supersimples por piquete, esta adubação equivale a 45 kg de N ha<sup>-1</sup>, 24 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> e 50 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>.



Figura 2. Foto de visão da área com sistema pastagem

#### 4.3.2 Sistema floresta homogênea

Neste sistema as árvores foram cultivadas em monocultura, conforme pode ser verificado na Figura 3. O plantio foi realizado no final do ano de 2006, com um espaçamento de 2 x 2 m (2.500 plantas ha<sup>-1</sup>) efetuando-se o coveamento e a utilização de mudas, sendo utilizada a espécie *Eucalyptus dunnii*. A área total do sistema floresta homogênea é 7.900 m<sup>2</sup> e a declividade média da área é 16,3%.

O nível tecnológico do plantio é baixo, não foram realizadas adubações no plantio, somente uma adubação com 20 a 30 gramas de adubo formulado 04-30-10 por planta após um ano do plantio, fornecendo-se 2,5; 18,8 e 12,5 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente. Foi realizado controle de plantas invasoras através do coroamento com capina mecânica das plantas invasoras. Também não foram realizadas desbastes e desramas das plantas.



Figura 3. Foto de visão da área com sistema floresta homogênea

### 4.3.3 Sistema silvipastoril

Neste sistema as forrageiras e as árvores são cultivadas de forma integrada na área. A forrageira utilizada também é a *Cynodon dactylon* cv Tifton 85 e foi implantada e é utilizada da mesma forma descrita no item 4.3.1, porém foram implantadas árvores de *Eucalyptus dunnii* nas laterais dos 10 piquetes.

As árvores foram plantadas em 3 linhas, com espaçamento entre plantas de 2 m na linha e cerca de 50 m entre as linhas, a população atual é de 153 árvores em uma área de 11.400 m<sup>2</sup>, perfazendo uma densidade de 134 árvores ha<sup>-1</sup>. Foram feitas covas e plantio com mudas, sendo o plantio realizado no final do ano de 2006.

O isolamento inicial das árvores foi necessário para que os animais não provocassem danos às plantas, assim utilizou-se cerca elétrica, com 1 m de cada lado das mudas. Após um período de aproximadamente 1 ano, quando as plantas já tinham atingido porte em que os animais não causassem mais danos, esta cerca elétrica foi retirada.

Também foi realizado o controle de plantas daninhas com o uso de glifosato na dosagem de 250 ml a cada 20 litros de água, aplicados junto às linhas de plantio, equivalendo a cerca de 5 litros do produto ha<sup>-1</sup>.

O controle de formigas foi efetuado com produto químico granulado à base de Fipronil, na dosagem de 10 gramas para cada 5 m<sup>2</sup> de terra solta na superfície dos formigueiros.

As árvores do sistema estão posicionadas de forma que cortam o sentido do deslocamento do sol, ou seja, sentido norte-sul. Desta forma proporcionam um sombreamento gradativo para cada parte da forrageira da área conforme o período do dia. Também estão posicionadas cortando o sentido da declividade do terreno, que é de 14,7%. Os detalhes sobre a situação do sistema, desenvolvimento e localização das árvores podem ser observados nas Figuras 4 e 5.



Figura 4. Foto de visão da área com sistema silvipastoril

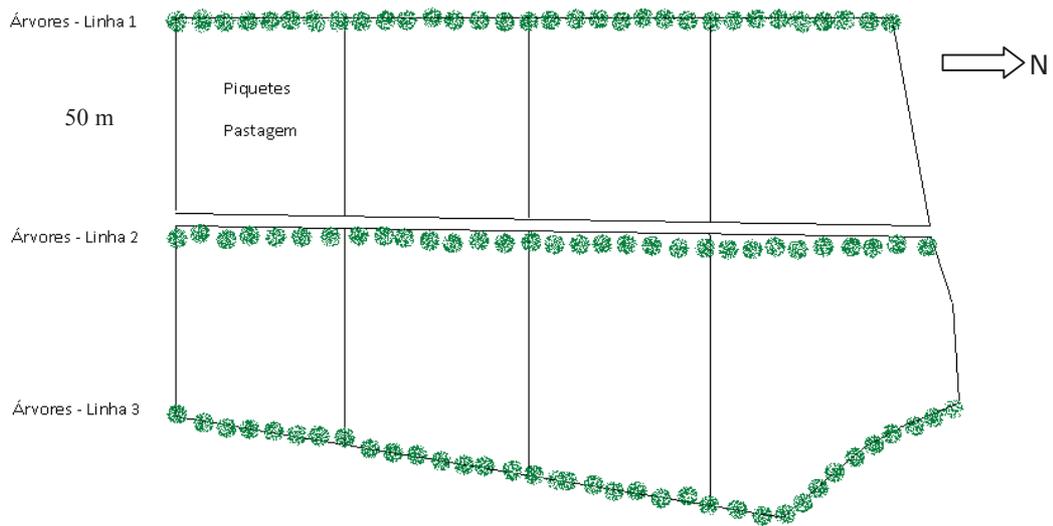


Figura 5. Croqui da área com sistema silvipastoril

## 4.4 Variáveis avaliadas e metodologia de avaliação

### 4.4.1 Fluxograma das avaliações

#### 4.4.1.1 Fluxograma das avaliações entre os sistemas

Na Figura 6, apresenta-se o fluxograma das avaliações entre os sistemas, com destaque para as avaliações comparativas que foram realizadas e os sistemas de produção envolvidos.

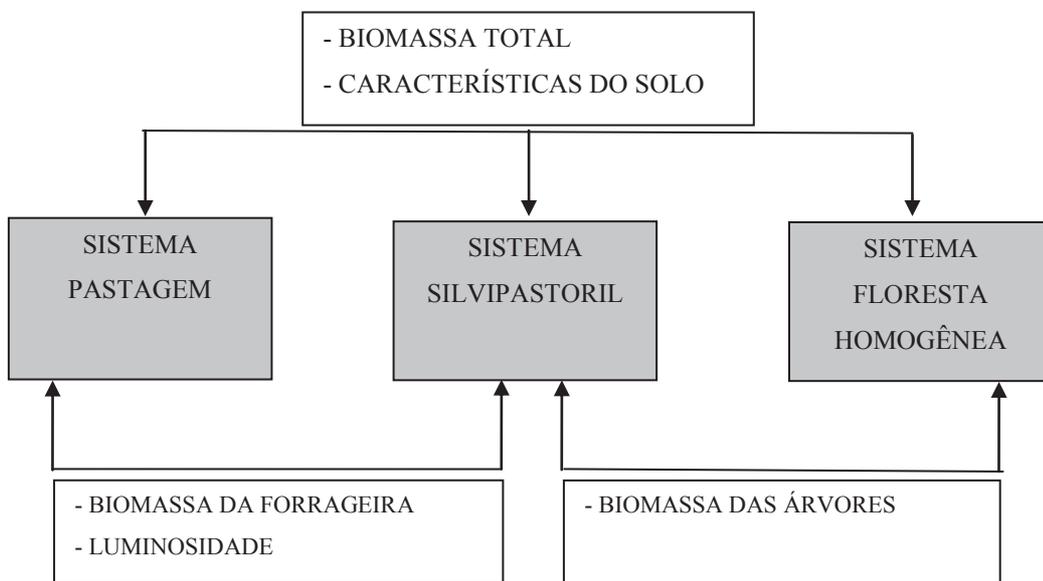


Figura 6. Fluxograma das avaliações entre os sistemas

Destaca-se assim que entre os sistemas silvipastoril e pastagem foram avaliadas e comparadas a biomassa da forrageira e a luminosidade nas áreas; e entre os sistemas silvipastoril e floresta homogênea foi comparada a biomassa das árvores. Entre os três sistemas foram comparadas as características do solo e a biomassa total dos sistemas.

#### 4.4.1.2 Fluxograma das avaliações no sistema silvipastoril

Na Figura 7, apresenta-se o fluxograma das avaliações no sistema silvipastoril, com destaque para as avaliações comparativas que foram realizadas entre as faixas da área do sistema.

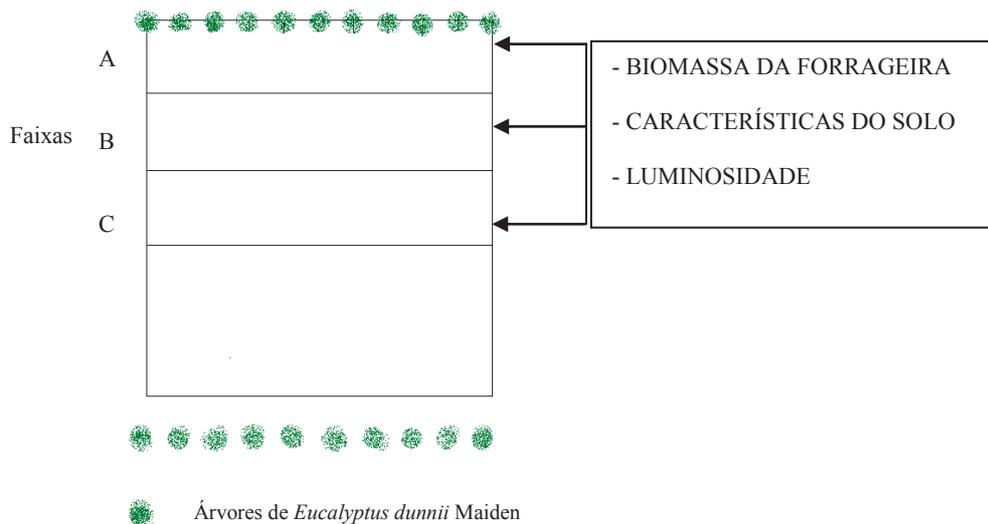


Figura 7. Fluxograma das avaliações no sistema silvipastoril

Destaca-se assim que no sistema silvipastoril foram realizadas as avaliações e comparações entre as faixas da área, em função do seu distanciamento das árvores. Nestas comparações foram avaliados: produção de biomassa da forrageira, características do solo e luminosidade nas faixas.

#### 4.4.2 Biomassa da forrageira *Cynodon dactylon* (L.) Pers. cv Tifton 85

A amostragem da biomassa da forrageira *Cynodon dactylon* cv Tifton 85, tanto no sistema silvipastoril como no sistema pastagem, foram realizadas utilizando-se moldura de metal para delimitar a unidade amostral, com as medidas de 0,5 x 0,5 m (0,25 m<sup>2</sup>), conforme ilustra-se na Figura 8.



Figura 8. Amostragem da forrageira: uso da moldura de metal

As amostragens foram realizadas em três épocas distintas: março e novembro de 2011 e junho de 2012. As amostragens de março, junho e novembro foram obtidas após um período respectivo de 18, 21 e 23 dias de crescimento das forrageiras.

A coleta das amostras da forrageira foi realizada com o corte das plantas à altura de aproximadamente 0,05 m do solo, com a utilização de foice e tesoura. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados.

As amostras foram levadas ao laboratório da UNICENTRO Campus CEDETEG e colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 70 °C. Após a secagem as amostras foram pesadas e assim obteve-se a MS das amostras da forrageira.

Para obter a biomassa seca proveniente da forrageira de cada área em  $t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ , calculou-se primeiro a produção por época do ano. Estes cálculos foram realizados a partir das MS média de cada sistema, com base na área da unidade amostral, na quantidade de dias de crescimento da forrageira antes da amostragem e na quantidade de dias representativos da época do ano, sendo que:

a) a amostragem realizada em março representou os meses de janeiro, fevereiro, março e abril, totalizando 120 dias;

b) a amostragem realizada em junho representou os meses de maio, junho, julho

e agosto, totalizando 122 dias;

c) a amostragem realizada em novembro representou os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro, totalizando 123 dias.

Após os cálculos para obtenção da biomassa por período representativo as produções foram somadas obtendo-se assim a produção anual.

#### 4.4.3 Biomassa das árvores de *Eucalyptus dunnii* Maiden

Para avaliação da biomassa das árvores de *Eucalyptus dunnii*, foram efetuadas no sistema silvipastoril e floresta homogênea as medições de: altura das árvores com a utilização do clinômetro eletrônico Haglof; circunferências a altura do peito (CAP) de todos os indivíduos a 1,30 m do solo, através do uso de fita métrica. Detalhes destas medições podem ser visualizados na Figura 9.



Figura 9. Medições das árvores no sistema floresta homogênea

No sistema silvipastoril foram medidas todas as 153 árvores distribuídas nas 3 linhas de plantio. Já no sistema floresta homogênea, foram medidas todas as 265 árvores presentes nas 4 parcelas demarcadas na área. Na Figura 10 podem ser verificados detalhes da demarcação de uma parcela no sistema floresta homogênea.

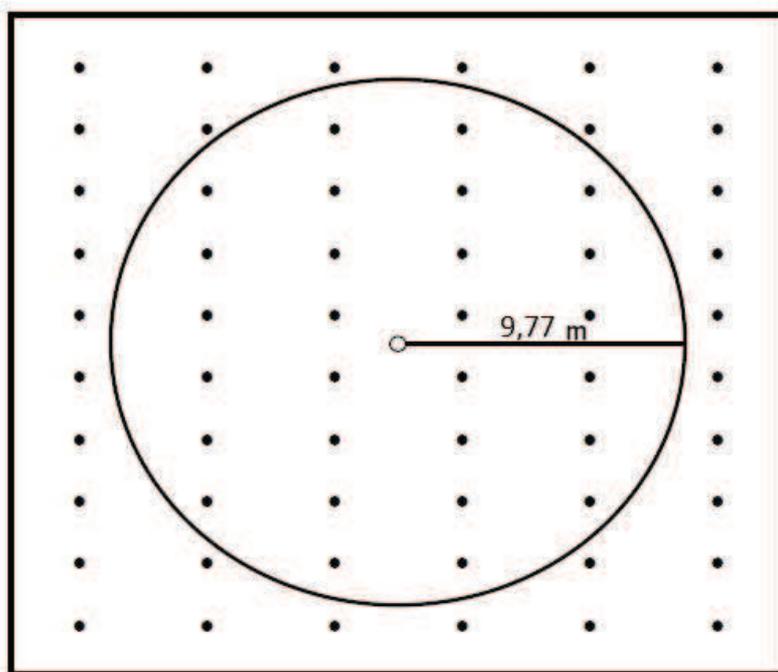


Figura 10. Ilustração sobre o esquema de delimitação das parcelas no sistema floresta homogênea

As árvores limites da parcela foram marcadas com giz. A inclusão ou exclusão das árvores duvidosas foi conferida com a trena obedecendo ao seguinte critério: quando o raio da parcela atingiu mais que 50% do CAP, a árvore foi incluída; e quando o raio da parcela atingiu menos que 50% do CAP, a árvore foi excluída.

As medições foram realizadas no sentido do caminhamento, efetuado em ziguezague seguindo a linha de plantio começando pela árvore inicial marcada com um “X”. Apenas as árvores limites da parcela foram marcadas.

Para se obter a biomassa das árvores, primeiro calculou-se a partir da CAP o desvio padrão (S) das árvores do sistema silvipastoril e do sistema floresta homogênea, separadamente. Conforme descrito por VALÉRIO (2009), através do S foi estabelecida a amostragem de cinco árvores em cada sistema, sendo uma árvore representando à

média e as outras quatro, a média mais e menos um e dois S.

Estas árvores representam 95% dos indivíduos da população amostrada e cada uma representa um intervalo de indivíduos na curva populacional, conforme pode ser observado nas Figuras 11 e 12. Nestas figuras se apresentam ilustrações da curva populacional, os valores das árvores amostradas, bem como a representatividade das árvores amostradas em cada um dos sistemas.

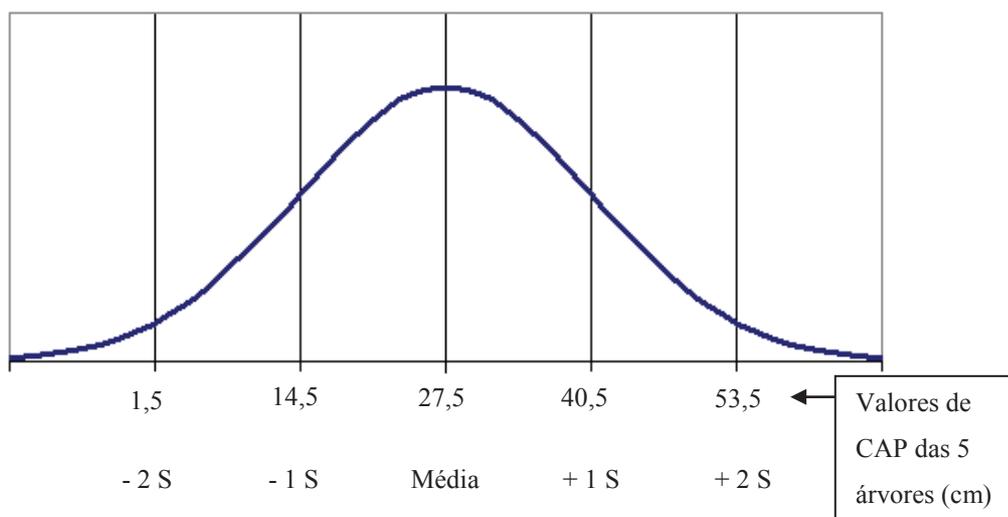


Figura 11. Curva de distribuição normal para seleção das cinco árvores de *Eucalyptus dunnii* Maiden utilizadas na quantificação da biomassa das árvores, para o sistema floresta homogênea, adaptado de VALÉRIO (2009)

Em relação ao intervalo na população de plantas que estas cinco árvores representam, tem-se no sistema floresta homogênea:

- Árvore 1 – CAP de 1,5 cm representa o intervalo da menor CAP da população até CAP de 8,0 cm;
- Arvore 2 – CAP de 14,5 cm representa o intervalo da CAP 8,01 até 21,0 cm;
- Árvore 3 – CAP de 27,5 cm representa o intervalo da CAP 21,1 até 34,0 cm;
- Árvore 4 – CAP de 40,5 cm representa o intervalo da CAP 34,1 até 47,0 cm;
- Árvore 5 – CAP de 53,5 cm representa o intervalo da CAP 47,1 até a maior CAP da população.

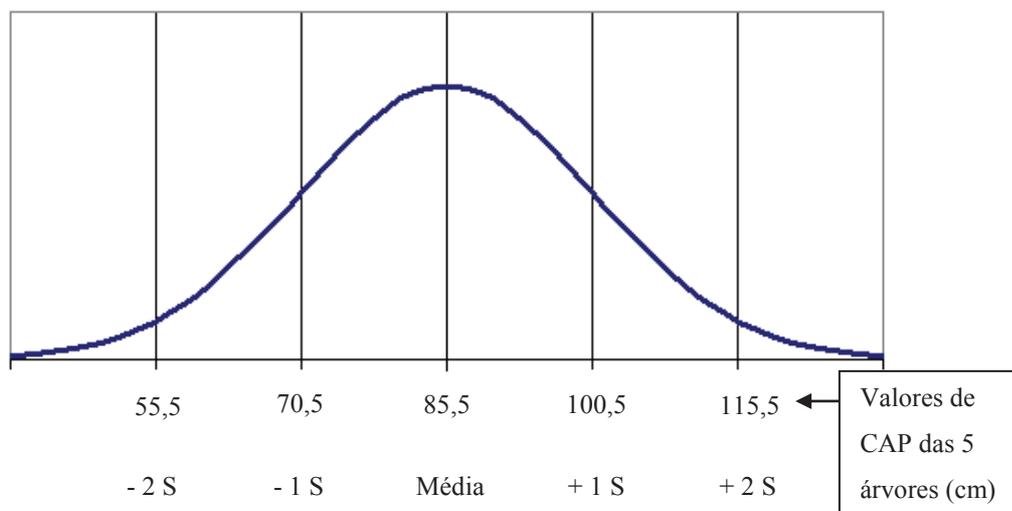


Figura 12. Curva de distribuição normal para seleção das cinco árvores de *Eucalyptus dunnii* Maiden utilizadas na quantificação da biomassa das árvores, para o sistema silvipastoril, adaptado de VALÉRIO (2009)

No sistema silvipastoril, estas 5 árvores representam os seguintes intervalos na população de plantas:

- Árvore 1 – CAP de 55,5 cm representa o intervalo da menor CAP da população até CAP de 63,0 cm;
- Árvore 2 – CAP de 70,5 cm representa o intervalo da CAP 63,1 até 78,0 cm;
- Árvore 3 – CAP de 85,5 cm representa o intervalo da CAP 78,1 até 93,0 cm;
- Árvore 4 – CAP de 100,5 cm representa o intervalo da CAP 93,1 até 108,0 cm;
- Árvore 5 – CAP de 115,5 cm representa o intervalo da CAP 108,1 até a maior CAP da população.

A campo foram definidas as cinco árvores em cada sistema e através do método destrutivo foram abatidas, conforme observa-se na Figura 13. Na sequência as árvores abatidas tiveram seus componentes (tronco, casca, galhos e folhas) separados e pesados e suas alturas foram medidas com trena. Obteve-se assim a massa verde por componente e por indivíduo representativo.



Figura 13. Corte das árvores para medição da biomassa

Para se obter a MS, retiraram-se amostras de cada um dos componentes (tronco, casca, galhos e folhas). As amostras do tronco foram realizadas a partir de três amostragens de discos do tronco, realizadas na base, no meio e em sua ponta. Nestes discos amostrados do tronco, separou-se a casca da madeira, obtendo-se assim o peso de cada componente separadamente. A quantificação do peso total da casca foi realizada por relações de fator de casca.

As amostras foram levadas ao laboratório e pesadas, obtendo-se assim a massa verde. Posteriormente as amostras foram colocadas em estufa de circulação de ar forçada a 70 °C. Após a secagem foram pesadas novamente, obtendo-se a MS das amostras de cada componente das árvores.

Após ser obtido o valor de cada componente das árvores referente aos respectivos sistemas, foram calculados os valores para as árvores e na sequência transformados em  $t\ ha^{-1}$ . Este valor representa a produção total de cada árvore, porém como o estudo comparativo é em  $t\ ano^{-1}$ , assim o resultado obtido foi dividido por 5, que é a idade dos plantios.

No sistema floresta homogênea os resultados das cinco árvores foram calculados

para todos os indivíduos do respectivo intervalo em cada parcela, somaram-se os valores e assim obteve-se o valor em  $t \text{ ano}^{-1}$  para a área da parcela que é  $300 \text{ m}^2$ , posteriormente o valor foi transformado em  $t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

No sistema silvipastoril os resultados das cinco árvores foram também calculados para os indivíduos do respectivo intervalo em cada repetição, que contém 4 árvores e representam uma área individual de  $75 \text{ m}^2$ , somaram-se os valores das 4 árvores e obteve-se assim o valor em  $t \text{ ano}^{-1}$  para a área da repetição, este valor também foi calculado na sequência em  $t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

#### 4.4.4 Biomassa total dos sistemas

A biomassa total dos sistemas pastagem e floresta homogênea é o resultado direto dos valores em  $t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , respectivamente, da MS da forrageira e das árvores, obtidas conforme descrito no item 4.4.2 e 4.4.3, pois nestes sistemas como há uma monocultura, suas MS são representadas pela produção da espécie cultivada, no caso a forrageira *Cynodon dactylon* cv Tifton 85 e as árvores de *Eucalyptus dunnii*.

Já para o sistema silvipastoril, como este contempla o cultivo de forrageiras e árvores, para se obter a biomassa total do sistema foi necessário realizar a soma da MS da forrageira com a MS das árvores em  $t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Contudo, como foram realizadas três repetições da avaliação das forrageiras, para cada uma delas foi acrescida a MS das árvores respectivas de cada repetição.

#### 4.4.5 Croqui geral dos sistemas e informações sobre repetições e parcelas

Na Figura 14 apresenta-se a visão dos três sistemas, a delimitação de suas áreas, parcelas e repetições utilizadas para realização das amostragens e comparação entre os sistemas. Destaca-se que este croqui não está em escala e também não se encontra georeferenciado, pois seu objetivo é apenas fornecer uma visualização geral do experimento.

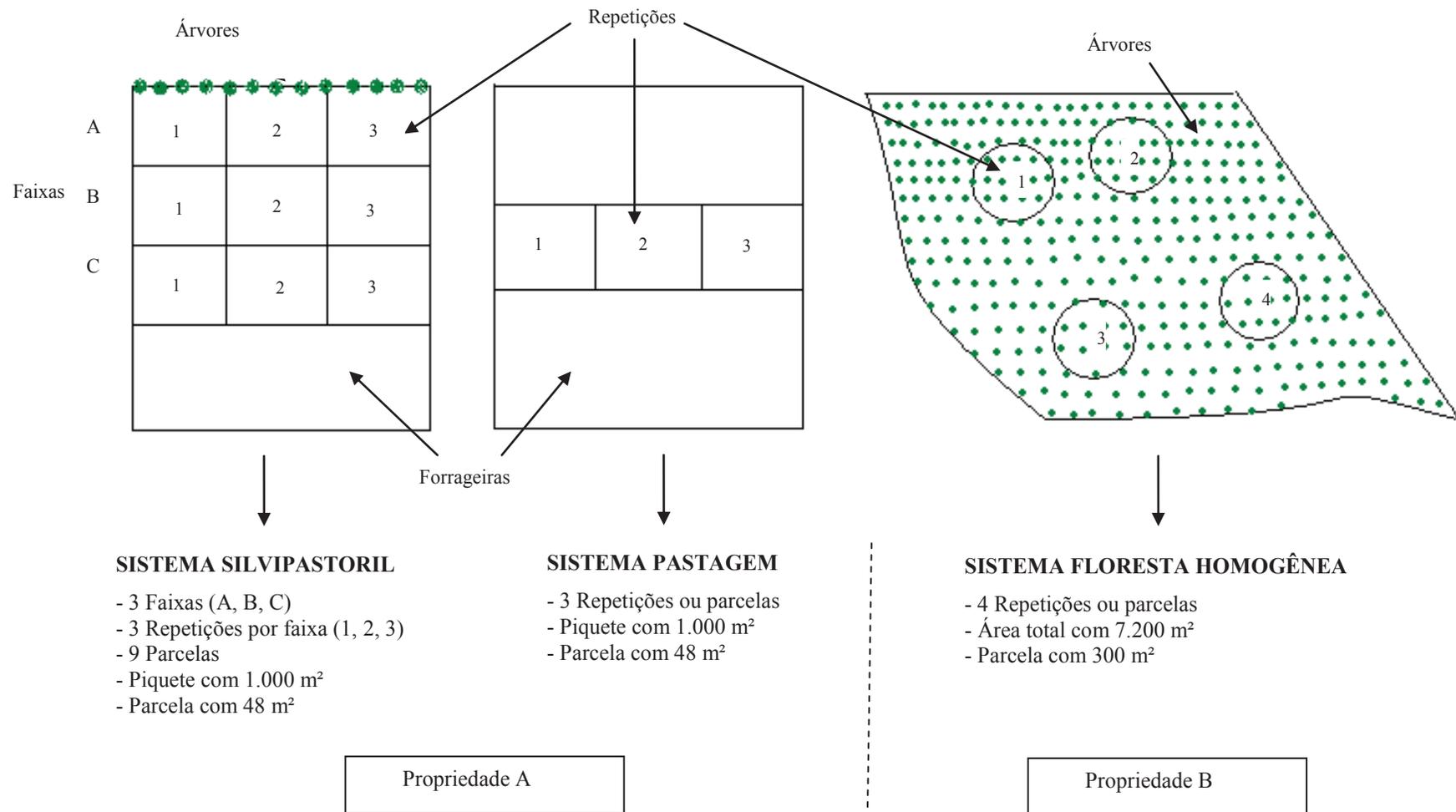


Figura 14. Croqui geral dos sistemas silvipastoril, pastagem e floresta homogênea

No sistema silvipastoril foram realizadas amostragens em três faixas (tratamentos) A, B, C e em cada faixa efetuou-se 3 repetições, totalizando 9 parcelas, cada uma com cerca de 48 m<sup>2</sup>. Destaca-se que a Faixa A é a mais próxima das árvores e a Faixa C a mais distante, e ainda que cada repetição contém 4 árvores.

Em março de 2011, para a amostragem das forrageiras em ambos os sistemas, efetuou-se em cada parcela a coleta em 1 ponto de amostragem; em novembro de 2011 e junho de 2012 foram efetuados 3 pontos de amostragem em cada parcela. Utilizou-se ainda uma bordadura de 2 metros ao redor da área dos piquetes.

No sistema floresta homogênea foram realizadas 4 parcelas para a amostragem das árvores, cada parcela possui 300 m<sup>2</sup>, sendo que no total foram medidas 265 árvores.

Na Figura 15, podem ser observados detalhes da forma da disposição das faixas e repetições das amostragens da biomassa das forrageiras no sistema silvipastoril. No sistema pastagem foi estabelecida a mesma sistemática de amostragem, porém sem a existência das três faixas.

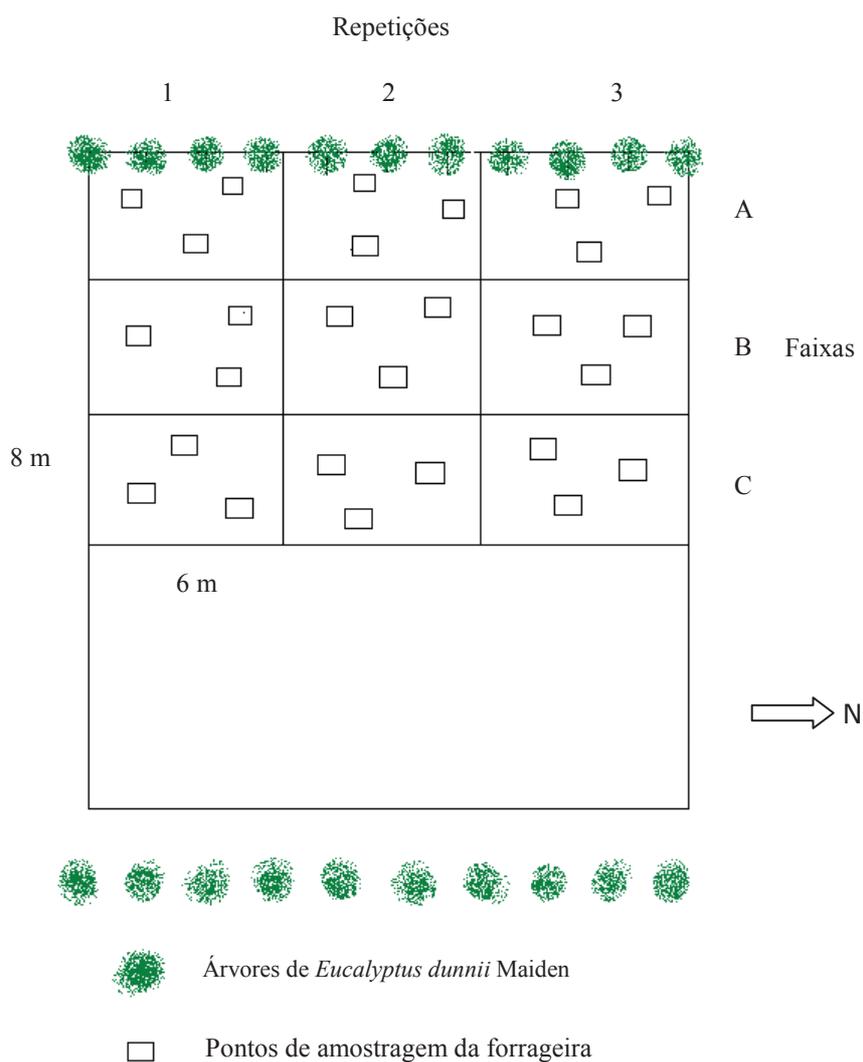


Figura 15. Croqui da área do sistema silvipastoril, demarcação das faixas, repetições, pontos de amostragem da biomassa das forrageiras e localização das árvores

#### 4.4.6 Luminosidade

A medição da luminosidade foi realizada nas áreas do sistema pastagem e silvipastoril com a utilização do equipamento luxímetro digital (Digital Illuminance Meter, Empórionet), conforme pode-se observar na Figura 16. As amostragens foram realizadas no mês de novembro de 2011 e junho de 2012.



Figura 16. Amostragem da luminosidade: uso do luxímetro digital

Para a amostragem em novembro de 2011, foi realizada a medição sequencial em cada área, ou seja, mediu-se para cada horário em uma área e imediatamente mediu-se na outra. Nas amostragens realizadas em junho de 2012 contou-se com dois equipamentos, um para cada área e após a verificação da homogeneidade dos resultados de medições dos luxímetros, as medições e suas repetições foram feitas de forma simultânea.

Para a luminosidade foram estabelecidas no sistema silvipastoril 3 faixas de amostragens, com 3 repetições em cada uma; e no sistema pastagem 3 pontos de amostragem caracterizados como as repetições.

Foram realizadas medições em 6 horários diferentes, sendo às 08, 10, 12, 14, 16 e 18 horas, efetuou-se ainda 3 repetições para cada horário, totalizando assim 54 e 18 medições, respectivamente para os sistemas silvipastoril e pastagem.

Na Figura 18 podem ser verificados detalhes da disposição dos pontos de medição de luminosidade no sistema silvipastoril. Destaca-se que para o sistema pastagem foi efetuada a mesma forma de disposição dos pontos de amostragem, porém no caso somente três repetições sem as faixas.

#### 4.4.7 Solo

A amostragem de solo para caracterização da área experimental foi realizada em março de 2011, sendo efetuadas dez amostras compostas, cada uma representativa de uma faixa e originada de 4 pontos de coleta aleatórios nas faixas da área do sistema silvipastoril.

A amostragem do solo para realizar as avaliações e comparação estatística, foi realizada em junho de 2012 nos três sistemas, sendo composta de uma análise química para se verificar os índices de pH e teores de MO, P, K, Ca e Mg e também uma avaliação da resistência a penetração e umidade do solo.

Para análise química do solo foram realizadas as coletas com a utilização de trado, sendo amostrada uma profundidade de 0,0 - 0,2 m, conforme Figura 17. As amostras foram embaladas e identificadas por sistema e por repetição.

Posteriormente encaminharam-se as amostras para laboratórios em Guarapuava (amostras de março de 2011) e Curitiba (amostras de junho de 2012), onde se geraram os resultados das análises. Nos laboratórios para obter os resultados dos elementos Ca e Mg utilizou-se o extrator Cloreto de Potássio 1 N, para K e P o extrator Mehlich 1 e para a quantificação da MO foi utilizado o método de Walkley Black.



Figura 17. Amostragem do solo: uso do trado

A resistência à penetração do solo foi determinada utilizando-se o penetrômetro de Impacto Modelo IAA/Planalsucar-Stolf, segundo a metodologia descrita em STOLF (1984) e STOLF (1998), porém delimitou-se a realização de 15 impactos no equipamento, sendo a avaliação efetuada da superfície do solo até a profundidade 0,40 m. Os dados do penetrômetro foram transformados com a utilização do SCS-IAC, programa para obtenção da resistência do solo ao penetrômetro de impacto.

No momento da coleta dos dados da resistência, obteve-se também as amostras para a determinação da umidade do solo, para caracterizar a situação apresentada. Para tanto as amostras foram acondicionadas em embalagem hermeticamente fechada. Sendo levadas ao laboratório da UNICENTRO – Campus CEDETEG, onde foram pesadas ainda úmidas e posteriormente foram secas em estufa a 105 °C. Após secagem novamente procedeu-se a pesagem, obtendo-se assim pela relação entre a amostra úmida e seca a porcentagem de umidade do solo, conforme EMBRAPA (1997).

Nas amostragens de junho de 2012 foram estabelecidos no sistema silvipastoril, 3 faixas de coleta de amostras de solo, sendo que para cada faixa efetuou-se três repetições aleatórias, resultando em 9 amostras. Já no sistema pastagem e floresta homogênea foram realizadas três repetições na área, sendo obtidas assim 3 amostras para cada um destes sistemas. Cada repetição foi composta por 4 amostras simples aleatórias nas faixas ou na área, dependendo do sistema.

Nestes locais de coleta de amostragem do solo foram também realizadas as amostragens para a resistência a penetração e umidade, contendo assim o mesmo número de repetições que a amostragem para a análise química do solo.

Na Figura 18 podem ser observados detalhes da forma de coleta das amostras de solo no sistema silvipastoril, conjuntamente com detalhes sobre a amostragem da luminosidade. Destaca-se que no sistema pastagem e floresta homogênea a disposição dos pontos de amostragem foi à mesma que no silvipastoril, porém sem as faixas.

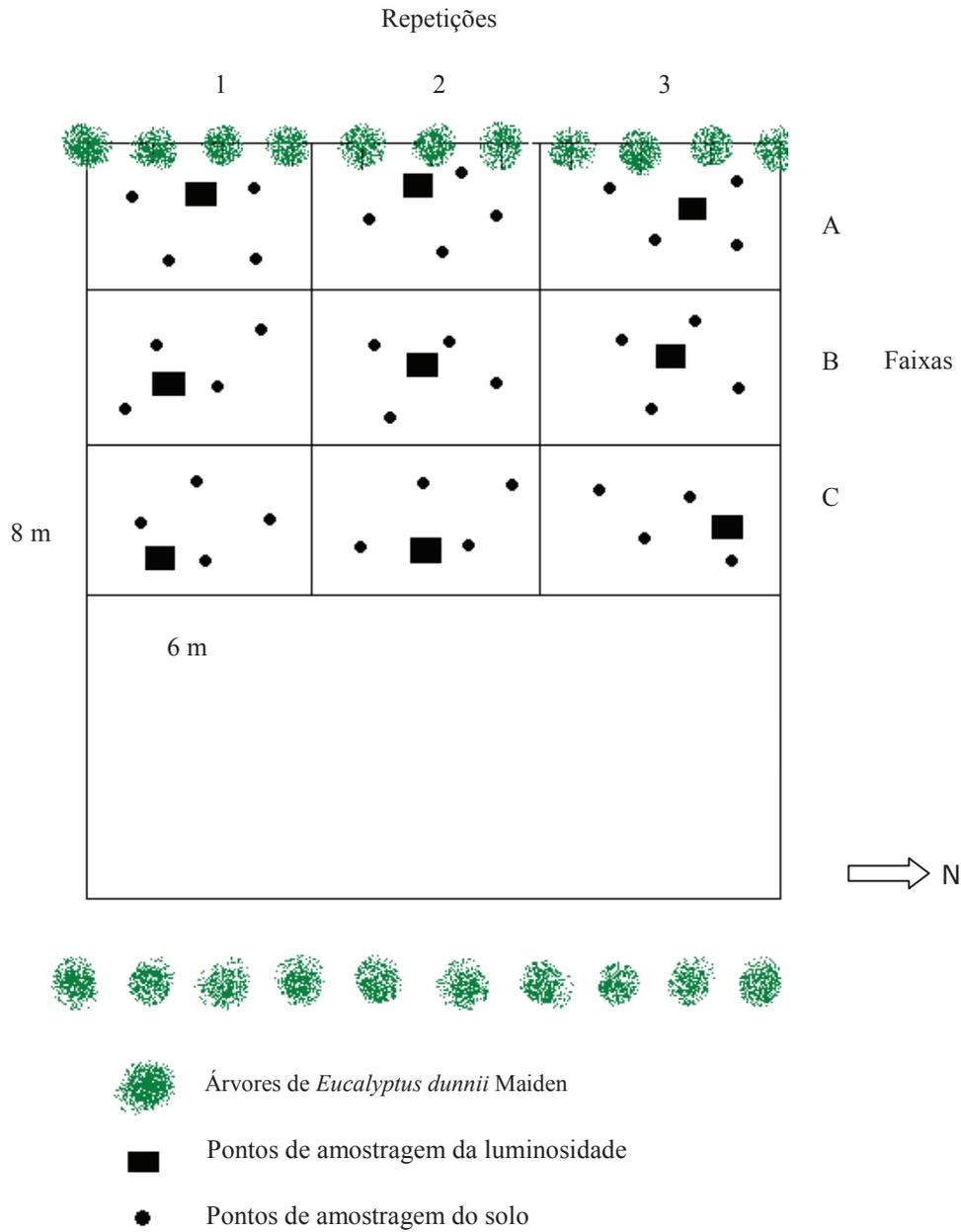


Figura 18. Croqui com demonstração das faixas e repetições das amostragens de solo e luminosidade na área do sistema silvipastoril

## 4.5. Delineamento experimental e análises estatísticas

### 4.5.1 Delineamento experimental no sistema silvipastoril

Para realizar a análise no sistema silvipastoril de forma a avaliar o comportamento da luminosidade, as características do solo e a biomassa de forrageiras entre as faixas da área, utilizou-se o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com três repetições.

Consideraram-se neste sistema, como tratamentos as faixas "A", "B" e "C", conforme observa-se na Figura 15, delimitadas na área no mesmo sentido que as árvores, sendo que a faixa "A" está localizada mais próximo da linha de árvores.

Realizou-se a análise de variância (ANOVA), sendo também calculada a variância ( $S^2$ ), o desvio padrão (S) e o coeficiente de variação (CV) e quando os dados apresentaram diferença significativa foi aplicado o Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Procedeu-se a análise estatística por meio do programa Assistat 7.5 Beta.

### 4.5.2 Delineamento experimental entre os sistemas

Para realizar a análise comparativa entre os sistemas silvipastoril, pastagem e floresta homogênea, de forma a avaliar o comportamento da luminosidade, as características do solo, a biomassa de forrageiras, a biomassa das árvores e a biomassa total dos sistemas, foi utilizado o DIC com 3 repetições nos sistemas silvipastoril e pastagem e 4 repetições no sistema floresta homogênea, conforme pode ser observada na Figura 14. Consideraram-se como tratamentos os três sistemas: silvipastoril, pastagem e floresta homogênea.

Como análise estatística, realizou-se a ANOVA, sendo calculada a  $S^2$ , o S e o CV. Devido à comparação da luminosidade, biomassa de forragens e biomassa das árvores ocorrerem entre dois sistemas, ou seja, somente entre duas médias, utilizou-se o Teste t de Student em médias pareadas a 5%, para constatar diferença estatística.

Na comparação dos dados sobre as características químicas e físicas do solo e a produção de biomassa total dos sistemas, caso a ANOVA indicasse diferença, as médias foram separadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Procedeu-se também

análise estatística com o programa Assistat 7.5 Beta.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Produção de biomassa

#### 5.1.1 Biomassa total entre os sistemas

Para comparar a produção de MS entre os sistemas, primeiro foi necessário no sistema silvipastoril realizar o somatório da MS da pastagem com a MS das árvores e na sequência comparar com a produção dos outros dois sistemas. Na tabela 2 são apresentados estes resultados.

Tabela 2. Produção de massa seca (MS) acima do solo no sistema silvipastoril, composto pela MS da forrageira *Cynodon dactylon* (L.) Pers cv Tifton 85 e MS das árvores de *Eucalyptus dunnii* Maiden, em t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e em porcentagem (%), em Nova Laranjeiras – PR, 2012

Fonte da MS	MS t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	Contribuição %
Forrageira	34,63	76,09
Árvores	10,96	23,91
Total	45,59	100,0
Teste t	*	*
CV%	2,19	2,19

\*: diferença estatística significativa, pelo Teste t de Student, a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação

Como resultado da Tabela 2 tem-se a produção média de MS do sistema silvipastoril, obtendo-se o valor de 45,59 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Com base nos dados da Tabela 2 foi montada a Tabela 3 para analisar a contribuição em porcentagem de cada fonte de produção de MS que compõem a biomassa acima do solo total do sistema silvipastoril, ou seja, qual a porcentagem de contribuição da forrageira e das árvores na produção de MS total no sistema.

Nos dados apresentados na Tabela 2 verifica-se ainda que existe diferença significativa entre as fontes de composição da produção de MS do sistema silvipastoril, sendo que a forrageira *Cynodon dactylon* cv Tifton 85 é em média responsável por

cerca de 76% da MS acima do solo do sistema e as árvores de *Eucalyptus dunnii* por sua vez contribuem em média com aproximadamente 24% da produção de MS do sistema.

Na Tabela 3 apresentam-se os dados e a comparação entre a produção de MS aérea total dos sistemas silvipastoril, pastagem e floresta homogênea. Na análise destes dados os sistemas tiveram suas MS provenientes das forrageiras e das árvores comparadas, sendo possível analisar entre outras questões o efeito das árvores na produção de MS no sistema silvipastoril comparativamente aos demais sistemas que possuem monocultura de forrageiras e de árvores.

Tabela 3. Produção de massa seca (MS) total dos sistemas silvipastoril, pastagem e floresta homogênea, em t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, em Nova Laranjeiras – PR, 2012

Sistema	MS total t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
Silvipastoril	45,59 a
Pastagem	38,92 b
Floresta homogênea	15,82 c
ANOVA	*
CV%	8,59

Médias seguidas da mesma letra, não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5%. CV: coeficiente de variação

Nos dados apresentados da Tabela 3, através da análise estatística constata-se que existe diferença significativa entre os sistemas. O sistema silvipastoril com uma produção média de 45,59 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> foi o sistema com a maior produção, sendo seguindo pelo sistema pastagem com 38,92 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e na sequência o sistema floresta homogênea com uma produção de MS de 15,82 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Com base nestes resultados destaca-se que para as condições do experimento a integração das árvores de *Eucalyptus dunnii* com a forrageira *Cynodon dactylon* cv Tifton 85 formando o sistema silvipastoril produz uma quantidade de biomassa expressiva, sendo quantitativamente superiores aos demais sistemas onde a forrageira e as árvores são cultivadas em monocultura. Desta forma, estes resultados dão subsídios à hipótese de que o sistema silvipastoril possui potencial de utilização na região Centro Oeste do Paraná.

CRUZ (2007) em seu trabalho avaliando sistemas silvipastoris na região

noroeste do Paraná, também destaca esta questão, relatando que os sistemas silvipastoris são tecnologias técnica e economicamente viáveis para a região noroeste do Paraná. O componente florestal, agregando valor com a comercialização da madeira, é capaz de viabilizar economicamente os sistemas silvipastoris paranaenses.

Avaliando um sistema silvipastoril composto pelas espécies de árvores *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium* e a forrageira *Brachiaria decumbens*, MÜLLER et al. (2010) obtiveram valores de produção total de 18,53 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, valores estes inferiores aos apresentados na Tabela 4 para o sistema silvipastoril. Contudo, destaca-se que no estudo os autores avaliaram somente a biomassa do fuste das árvores e a densidade de 105 árvores ha<sup>-1</sup> também era inferior a do presente experimento, onde a densidade era de 134 árvores ha<sup>-1</sup>. Desta forma além da diferença de espécies estes fatores podem ter contribuído com esta divergência na quantificação na biomassa do sistema.

Na perspectiva de que o sistema silvipastoril agregou biomassa de forma significativa à área em relação aos sistemas pastagem e floresta homogênea, pode-se dizer que a implantação de árvores em uma área de forrageira, amplia a diversidade de espécies e de oportunidades para geração de renda na propriedade. Estas observações são também verificadas por SOUZA et al. (2007) ressaltando que os sistemas silvipastoris servem para ampliar as oportunidades de uso múltiplo das áreas.

PACIULLO et al. (2007) destacam que os sistemas silvipastoris são alternativas para o desenvolvimento sustentável de forrageiras em região de pecuária de leite, esta conclusão é coincidente com os dados obtidos no presente trabalho, pois pelos resultados a integração das árvores e forrageiras com bovinos de leite tem gerado impactos positivos na produção de biomassa total no sistema.

#### 5.1.2 Biomassa da forrageira *Cynodon dactylon* (L.) Pers cv Tifton 85

Os dados referentes a produção comparativa de biomassa da forrageira *Cynodon dactylon* cv Tifton 85 entre os sistemas silvipastoril e pastagem são apresentadas na Tabela 4, sendo distribuídas e analisadas por época de amostragem e pela produção anual.

Tabela 4. Resultados da produção de massa seca (MS) da forrageira *Cynodon dactylon* (L.) Pers cv Tifton 85, nos sistemas pastagem e silvipastoril, em t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, por época de amostragem, em Nova Laranjeiras – PR, 2012

Sistema	Época			MS total (t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )
	Março MS (t ha <sup>-1</sup> )	Junho MS (t ha <sup>-1</sup> )	Novembro MS (t ha <sup>-1</sup> )	
Silvipastoril	13,14	8,24	13,25	34,63
Pastagem	12,13	12,32	14,47	38,92
Teste t	NS	*	NS	NS
CV%	17,16	11,59	11,24	11,22

\*: diferença estatística significativa, pelo Teste t de Student, a 5% de probabilidade. NS: diferença estatística não significativa. CV%: coeficiente de variação

Nos resultados apresentados na Tabela 4, em relação às épocas de amostragem verifica-se que apenas em junho ocorreu diferença significativa na produção de biomassa da forrageira *Cynodon dactylon* cv Tifton 85 entre os sistemas. O sistema silvipastoril obteve a produção de 8,24 t ha<sup>-1</sup> contra a 12,32 t ha<sup>-1</sup> do sistema pastagem. Nas outras duas épocas, março e novembro não ocorreram diferenças significativas.

Não ocorreu ainda diferença significativa quanto à produção de biomassa anual das forrageiras dos sistemas, sendo que no sistema silvipastoril obteve-se a MS total de 34,63 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e no sistema pastagem 38,92 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Verifica-se através destes resultados que para as condições do experimento não ocorreu interação negativa expressiva devido à implantação de árvores de *Eucalyptus dunnii* sobre a produção da forrageira *Cynodon dactylon* cv Tifton 85 na área do sistema silvipastoril comparativamente à produção da forrageira cultivada em monocultura no sistema pastagem.

Contudo, a diminuição da forrageira na época de junho é importante no contexto em que nos meses de inverno já existe uma redução na produção das plantas, em especial da espécie analisada. Também vale ressaltar que em todos os meses do ano as necessidades dos animais se mantêm e precisam ser supridas, assim o sistema precisa ser dimensionado para gerar alimento suficiente para os animais, não com base na média simples de produção anual, mas sim tendo como base os limites mínimos de produção, no caso a produção de junho, ou ainda ser, programada uma alimentação complementar conforme a disponibilidade de forragem de cada época.

Na Tabela 5 são apresentados os dados da produção de MS da forrageira por faixa na área do sistema silvipastoril, nas três épocas de amostragem.

Tabela 5. Resultados da produção de massa seca (MS) da forrageira *Cynodon dactylon* (L.) Pers cv Tifton 85, distribuídos em três faixas no sistema silvipastoril, em t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, por época de amostragem, em Nova Laranjeiras – PR, 2012

Faixa de Amostragem	Época			Total MS (t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )
	Março MS (t ha <sup>-1</sup> )	Junho MS (t ha <sup>-1</sup> )	Novembro MS (t ha <sup>-1</sup> )	
Faixa A	15,11	9,39 a	11,83	36,32
Faixa B	10,76	6,99 b	13,88	31,63
Faixa C	13,55	8,33 ab	14,03	35,91
ANOVA	NS	*	NS	NS
CV%	32,81	23,14	20,72	11,75

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5%. CV: coeficiente de variação. NS: diferença estatística não significativa.

Analisando-se os resultados expostos na Tabela 5 verifica-se mais uma vez que, para as condições analisadas, as árvores de *Eucalyptus dunnii* implantadas no sistema silvipastoril não causaram impacto negativo expressivo sobre a produção da forrageira *Cynodon dactylon* cv Tifton 85. Apenas na época de junho ocorreu diferença significativa entre as faixas sendo que a Faixa A obteve a produção de 9,39 t ha<sup>-1</sup> e a Faixa B obteve a produção de 6,99 t ha<sup>-1</sup>, nas demais épocas não ocorreu diferença significativa, bem como também não diferiu na produção total de MS por Faixa, que foi de 36,32, 31,63 e 35,91 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente para as Faixas A, B e C. Assim, destaca-se que não ocorreu variação significativa na produção total de MS anual da forrageira, independentemente da localização na área, ou seja, a área mais próxima das árvores produziu quantidade não diferente das demais áreas mais distantes das árvores.

A produção média da biomassa da forrageira *Cynodon dactylon* cv Tifton 85 obtida nas áreas do sistema silvipastoril e pastagem são semelhantes à obtida nos experimentos de MALLMANN e BERTO (2007) e RODRIGUES JUNIOR et al. (2010), sendo que estes autores obtiveram respectivamente uma produção de 2,3 t ha<sup>-1</sup>, para um período de 20 dias no verão, equivalendo 115 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>; e uma produção de 96,86 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> no mês de março, 83,96 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> no mês de junho e 128,18 kg ha<sup>-1</sup>

dia<sup>-1</sup> no mês de novembro. Com base na Tabela 5, neste experimento na média das épocas para os dois sistemas foram obtida uma produção em kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de 105,25 para março, 75,90 para junho e 110,16 para novembro, valores bem próximos aos obtidos pelos referidos autores.

Já OLIVEIRA et al. (2000) obtiveram valores de MS de 175,71 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> para a forrageira Tifton 85, na época de verão, sendo superiores aos obtidos neste experimento. Porém, na avaliação destes autores foi realizada corte das plantas junto ao solo e mensuração do material morto em cada amostragem, metodologia diferente da utilizada neste experimento e que podem, parcialmente, explicar a diferença na quantidade de MS encontrada nos estudos.

Em seu estudo para avaliação da forrageira Tifton-85, ARAUJO (2005) obteve valores de MS de 32,5 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> e 30,90 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, respectivamente para 18 e 32 dias de crescimento. Estes valores são inferiores aos resultados apresentados neste experimento, porém o autor destaca que a produção de MS obtida pela forrageira Tifton-85 até os 32 dias foi bem inferior ao potencial produtivo desta gramínea.

SOARES et al. (2009), avaliando o comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão, entre as quais a forrageira Tifton 85, observaram resultados divergentes do presente estudo, pois ocorreu uma redução significativa na produção desta forrageira, sendo de cerca de 64% e 78% com relação ao cultivo a pleno sol, respectivamente, para o espaçamento das árvores de Pinus de 15 x 3 m e 9 x 3 m. Destaca-se contudo que estes espaçamentos são inferiores aos utilizados no presente experimento, provocando assim um maior sombreamento das forragens.

Estudando as características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores, PACIULLO et al. (2011), analisaram a produção da forrageira *Urochloa decumbens*, em um sistema implantado com faixas de árvores de *Acacia mangium* e *Eucalyptus grandis*, com distâncias de 30 m. Concluíram que em sistema agrossilvipastoril, há influência do componente arbóreo sobre a maioria das características do pasto, conforme o seu distanciamento ao renque de árvores; e ainda que a região do pasto, localizada entre 7 e 10 m de distância do renque arborizado, é onde ocorre melhor aproveitamento dos efeitos benéficos da sombra moderada sobre a densidade de perfilhos, a massa de forragem e os acúmulos de MS e de proteína bruta. Nos resultados apresentados na Tabela 6 não foi verificada esta

influência das árvores sobre a produção de MS da forrageira conforme o distanciamento das árvores.

Sobre o uso de plantas C4 que é o caso da *Cynodon dactylon* cv Tifton 85 utilizada neste experimento, RADOMSKI e RIBASKI (2009) destacam que apesar das plantas C4 serem fisiologicamente menos adaptadas ao sombreamento, a maior parte dos trabalhos em sistemas silvipastoris baseia-se nestas espécies, já que as mesmas apresentam maior expressão nas áreas de pastagem cultivada, tanto no Sul quanto no Sudeste do Brasil.

### 5.1.2 Biomassa das árvores de *Eucalyptus dunnii* Maiden

Na Tabela 6 são apresentados os dados sobre a produção de MS acima do solo das árvores no sistema silvipastoril e floresta homogênea, realizando-se a comparação entre as médias da produção de biomassa por árvore em  $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  e por sistema em  $\text{t ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ .

Tabela 6. Resultados da produção de massa seca (MS) acima do solo de árvores de *Eucalyptus dunnii* Maiden, dos sistemas silvipastoril e floresta homogênea, em Nova Laranjeiras – PR, 2012

Sistema	Produção de MS média por indivíduo (árvore) $\text{kg árvore}^{-1} \text{ano}^{-1}$	Produção de MS total das árvores por sistema $\text{t ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$
Silvipastoril	81,77	10,96
Floresta homogênea	7,17	15,82
Teste t	*	*
CV%	4,96	15,49

\*: diferença estatística significante, pelo Teste t de Student, a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação.

Quanto à produção de MS por árvore os resultados da Tabela 6 evidenciam que os indivíduos, ou seja, as árvores de *Eucalyptus dunnii* do sistema silvipastoril com uma MS de  $87,11 \text{ kg árvore}^{-1} \text{ano}^{-1}$  são significativamente maiores, cerca de 12 vezes, que os indivíduos do sistema floresta homogênea, com uma MS de  $7,17 \text{ kg árvore}^{-1} \text{ano}^{-1}$ .

Estes resultados demonstram que as condições de cultivo do sistema silvipastoril favoreceram o desenvolvimento das árvores, isso devido ao espaçamento de 2 m entre plantas na linha de plantio e cerca de 50 m entre as linhas do sistema, que viabilizam mais espaço para o crescimento das árvores e também reduzem as condições de competição por luz, água e nutrientes. Já no sistema floresta homogênea com um espaçamento de plantio de 2 x 2 m, as condições de desenvolvimento são conseqüentemente mais restritivas e ocorre maior competição entre as árvores. A biomassa, ou seja, o tamanho médio dos indivíduos em um povoamento de floresta é importante na perspectiva do seu uso, pois, árvores com um porte maior podem ser utilizadas para fins como madeira, móveis e não simplesmente para lenha ou carvão, assim o valor agregado também é superior.

Com relação a MS total das árvores por sistema demonstra-se que o sistema floresta homogênea com uma produção de MS de 15,82 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> produz mais que o sistema silvipastoril com uma produção de MS de 10,96 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Como a produção por indivíduo é menor no sistema floresta homogênea esta diferença deve-se a densidade de plantas ha<sup>-1</sup>, que no sistema silvipastoril é de 134 árvores ha<sup>-1</sup> e no sistema floresta homogênea é de 2.208 árvores ha<sup>-1</sup>. Apesar desta maior densidade de árvores no sistema floresta homogênea, verifica-se que existe uma diferença de cerca de 12% na população inicial de plantas que era 2.500 árvores ha<sup>-1</sup>, devido a mortalidade de plantas.

ANDRADE (2000) estudando sistemas silvipastoril compostos com *Eucalyptus urophylla* com 66 meses de idade, verificou uma produção média de 71,4 t ha<sup>-1</sup>, o que equivale a cerca de 12,9 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, valores próximos aos obtidos no presente estudo.

A influência da densidade de plantas na produção também foi verificada por CRUZ (2007), que destaca que o número de indivíduos por hectare influencia diretamente o volume total por hectare, sendo assim, para melhor observação do crescimento individual das árvores, estima-se também o volume total por árvore. O volume individual das árvores auxilia na escolha do manejo a ser realizado na propriedade, pois áreas com indivíduos de volume individual maior podem ser comercializadas com finalidades mais nobres, como madeira para serraria, obtendo valor de mercado mais elevado. Entre os dados de sua pesquisa para *Eucalyptus grandis* aos 7 anos, obteve para uma população de 118 árvores ha<sup>-1</sup> uma produção de 0,7129 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e para uma população de 239 árvores ha<sup>-1</sup> uma produção de 0,3673 m<sup>3</sup>, assim

verificou que as árvores na área com praticamente metade da densidade produz cerca de 50% a mais por árvores que a área com maior densidade.

Em sistemas com baixa densidade de árvores, segundo RADOMSKI e RIBASKI (2009), é possível manter a produtividade das pastagens sem comprometer o desempenho animal, e obter um produto florestal baseado em madeira de maior dimensão para fins mais nobres, como serraria e laminação.

SCHUMACHER e CALDEIRA (2001) em seu trabalho sobre estimativa de biomassa realizado em um povoamento de *Eucalyptus globulus* subespécie *maidenii* aos 4 anos de idade, obtiveram como biomassa total, acima do solo do povoamento, quantidade 83,2 t ha<sup>-1</sup>, o que equivale a 20,8 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, valor superior, porém, próximo ao obtido no sistema floresta homogênea e superior ao obtido no sistema silvipastoril.

Valores semelhantes a estes de produção de biomassa também foram obtidos por SANTANA et al. (1999), estudando a biomassa de procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*, aos 6,5 anos de idade. Os valores médios obtidos para 15 áreas são respectivamente 18,5 e 18,3 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, sendo que as menores produções de biomassa atingiram 14,6 e 12,3 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e as maiores 31,7 e 32,92 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, demonstrando uma grande variabilidade entre a mesma espécie e entre as áreas.

Outro autor que obteve dados de biomassa de árvores em um sistema silvipastoril semelhantes ao do presente trabalho foi ANDRADE (2000), citando que apesar da baixa densidade de plantio do eucalipto (250 árvores ha<sup>-1</sup>), em comparação a plantios convencionais, o sistema agrossilvipastoril apresentou boa produtividade de madeira, com incremento médio anual de biomassa do tronco igual a 9,6 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Na Tabela 7 são apresentados os resultados da comparação da distribuição da MS por componente das árvores dos sistemas silvipastoril e floresta homogênea, sendo considerados o tronco, a casca, os galhos e as folhas.

Tabela 7. Resultados da massa seca (MS) acima do solo das árvores de *Eucalyptus dunnii* Maiden, por componente (tronco, casca, galhos e folhas), com cinco anos de idade, entre sistema silvipastoril e floresta homogênea, em Nova Laranjeiras – PR, 2012

Sistema	Componente (%)				ANOVA	CV%
	Tronco	Casca	Galhos	Folhas		
Silvipastoril	60,00 a	6,44 d	21,63 b	11,93 c	*	9,71
Floresta homogênea	68,58 a	12,95 b	15,37 b	3,10 c	*	8,60
Teste t	*	*	*	*		
CV%	5,01	31,74	31,40	24,37		

\*: diferença estatística significativa na coluna, pelo Teste t de Student, a 5% de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5%. CV: coeficiente de variação.

Com relação à biomassa de árvores em sistemas silvipastoril TSUKAMOTO (2003) e MÜLLER et al. (2010) obtiveram em seus estudos valores similares aos deste experimento, respectivamente para biomassa do fuste das árvores de eucaliptos: 41,35 e 43,18 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Neste experimento foi medida a biomassa total de 81,77 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, sendo que com base na proporção do fuste de 60,0 % para o sistema silvipastoril, apresentada na Tabela 7, as árvores do sistema em média produziram para biomassa do fuste 49,06 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, valor assim próximo ao obtido pelos referidos autores.

Com os resultados apresentados na Tabela 7 fazem-se dois conjuntos de análises: o comparativo da porcentagem de cada componente entre os sistemas silvipastoril e floresta homogênea; e o comparativo da porcentagem obtida para cada componente da biomassa das árvores em cada sistema.

Com relação à comparação entre os sistemas, verifica-se que existe diferença significativa na composição da biomassa das árvores de *Eucalyptus dunnii*, para todos os componentes. Nesta comparação, estaca-se que: o componente tronco e casca apresentam maior porcentagem no sistema floresta homogênea; e os componentes galhos e folhas apresentam maior participação em porcentagem no sistema silvipastoril, comparativamente entre os sistemas.

Estes resultados obtidos também são devido à densidade e disposição das árvores em cada sistema. O sistema silvipastoril com uma densidade de 134 árvores ha<sup>-1</sup> e plantio em linhas, viabiliza mais espaço para o desenvolvimento das plantas, assim o crescimento de galhos e folhas é mais expressivo que no sistema floresta homogênea,

onde com um espaçamento de 2 x 2 m, densidade de 2208 árvores ha<sup>-1</sup> e plantio em monocultura, as plantas tem um espaço mais reduzido para o desenvolvimento de galhos e folhas.

Quanto à comparação dos componentes em cada sistema verifica-se que no sistema silvipastoril existe diferença significativa entre todos os componentes, sendo o tronco com 60,00% o que mais contribui, seguido pelos galhos com 21,63%, folhas com 11,93 e casca com 6,44%. Já para o sistema floresta homogênea não ocorreu diferença significativa para todos os componentes, os galhos e cascas tiveram porcentagens que se equivalem e ainda a sequência de composição se altera em relação ao silvipastoril, sendo que o tronco contribui com 68,58%, os galhos com 15,37% e casca com 12,95% e as folhas com 3,10%.

PAIXÃO et al. (2006) realizaram um inventário florestal em uma plantação de *Eucalyptus grandis*, com 6 anos de idade, no Município de Viçosa, Minas Gerais. Após as análises, verificaram que o fuste é o componente da árvore que mais contribui, em média, com a biomassa da parte aérea (81,84%), seguido por casca (8,05%), galhos (7,74%) e folhas (2,57%). Estes resultados são semelhantes em proporção aos obtidos para as árvores do *Eucalyptus dunnii* na área do sistema floresta homogênea no presente estudo.

Já ANDRADE (2000) em seu estudo com *Eucalyptus urophylla*, com 66 meses de idade em sistemas silvipastoril, obteve a seguinte distribuição por componente das árvores: tronco 61,5%; galhos 15,9%; casca 12,1% e folhas 10,5%; sendo estes resultados similares aos obtidos para as árvores do *Eucalyptus dunnii* na área do sistema silvipastoril.

Em seu estudo com *Pinus elliottii* Eng., VALÉRIO (2009) determinou a porcentagem de biomassa de cada componente, sendo que a porção madeira do fuste corresponde a 76,96% da biomassa acima do solo, as acículas a 5,63%, galhos a 9,44% e a casca do fuste apresentou-se com 8,27%.

LIMA et al. (2009) em seu trabalho analisando a biomassa de floresta ripária no município de Guarapuava – PR, obteve os seguintes resultados para os componentes das árvores: fuste representa 50,18%, as folhas 1,66% e os galhos 33,01% da biomassa aérea das árvores.

Na determinação da biomassa em povoamentos de *Araucaria angustifolia*

(Bert.) O. Kuntze com 30 anos de idade no sul do Estado do Paraná, WATZLAWICK et al. (2003), considerando somente a parte aérea das plantas, constataram que 48,36% da biomassa encontra-se alocada no fuste, 28,26% na casca e 23,38% nos galhos e ramos.

SCHUMACHER e CALDEIRA (2001) analisando a biomassa e conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) sub-espécie *maidenii* verificaram que o componente madeira do tronco apresentou a maior quantidade de biomassa de 57,5 t ha<sup>-1</sup> ou seja, 69% do total da parte aérea seguido das folhas, dos ramos e da casca. Quando se soma o valor da casca à madeira do tronco, a biomassa passa a representar 78%.

Através da análise dos dados deste experimento e também comparativamente a resultados de outros autores, percebe-se que o *Eucalyptus dunnii* implantado no sistema silvipastoril apresentou variações com relação à quantidade de produção de biomassa total e também por componente da para área em relação ao sistema floresta homogênea. Contudo, os valores obtidos neste trabalho demonstram o potencial da espécie para comporem sistemas silvipastoris na região, assim os valores obtidos são importantes na perspectiva de que podem ser utilizados como indicadores e orientar a implantação de sistemas e atividades de manejo florestal.

Neste sentido RADOMSKI e RIBASKI (2009) descrevem que a preferência por plantas de eucalipto para uso em sistemas silvipastoris está associada à possibilidade de obtenção de vários produtos, à sua elevada taxa de crescimento e facilidade de rebrota, e às variações na densidade da copa, o que facilita a disponibilidade de radiação solar incidente no sub-bosque, viabilizando o estabelecimento das espécies forrageiras herbáceas e, conseqüentemente, a sustentabilidade do sistema silvipastoril.

Esta questão da definição de espécies arbóreas é fundamental para o sucesso de um sistema, segundo CRUZ (2007) é uma etapa de extrema importância, seja para o planejamento ou para o manejo adequado dos sistemas silvipastoris. Cita também que as árvores servem ainda como forma de propiciar redução dos custos de manutenção, aumento de produtividade e rentabilidade e redução de efeitos prejudiciais ao meio ambiente, e que o estabelecimento de espécies florestais manejadas adequadamente para atender mercados de serraria, potencializa elevação de retorno econômico dos sistemas.

## 5.2 Luminosidade

A luminosidade não foi medida na área do sistema floresta homogênea, pois o objetivo do estudo era avaliar a quantidade de luz que incidia nas forrageiras nos sistemas pastagem e silvipastoril.

Na Tabela 8 são apresentados e analisados os dados referentes à comparação da luminosidade por época de amostragem e na média entre os sistemas pastagem e silvipastoril.

Tabela 8. Resultado da intensidade luminosa incidente na forrageira nos sistemas pastagem e silvipastoril, em diferentes horários, amostradas em novembro de 2011 e junho de 2012, em Nova Laranjeiras – PR

Sistema	Época		Média do Sistema (Klux)
	Junho (Klux)	Novembro (Klux)	
Pastagem	34,50	46,58	40,54
Silvipastoril	22,95	32,97	27,96
Teste t	*	*	*
CV%	4,75	26,72	33,07

\*: diferença estatística significativa na coluna, pelo Teste t de Student, a 5% de probabilidade.  
CV%: coeficiente de variação

Com base nos resultados da Tabela 8 verifica-se que existe uma diferença significativa na intensidade de luz incidente na forrageira nas áreas do sistema pastagem e silvipastoril, para as duas épocas amostradas e conseqüentemente entre as médias gerais de cada sistema.

No sistema pastagem a luminosidade obteve uma média de 40,54 Klux e no silvipastoril obteve 27,96 Klux. Assim, através destes resultados evidencia-se que as árvores de *Eucalyptus dunnii* provocam uma redução significativa da incidência de luz sobre a forrageira cultivada em sub-bosque. Em porcentagem esta redução da luminosidade equivale em junho a 33,5%, em novembro a 29,2% e na média dos sistemas representou 31,0% de redução.

Na análise da produção de biomassa, verificou-se que na época de junho ocorreu

uma redução na produção de biomassa da forrageira no sistema silvipastoril comparativamente ao sistema pastagem. Como nesta época a luminosidade é naturalmente inferior às demais épocas do ano e pela forrageira *Cynodon dactylon* cv Tifton 85 ser uma planta C4 com alta exigência de luz, possivelmente a intensidade de luz incidente junto às forrageiras no sistema silvipastoril chegou nesta época a níveis que influenciaram a produção, ou seja, naturalmente já ocorre uma redução na intensidade luminosa e com o sombreamento proporcionado pelas árvores foi reduzido ainda mais, afetando assim o desenvolvimento da forrageira.

Entretanto, este efeito de sombreamento da luminosidade média da área do sistema silvipastoril de cerca de 30% em relação à área de pastagem a pleno sol, obtido com uma população de 134 árvores de eucaliptos ha<sup>-1</sup>, não refletiu diretamente na produção anual de biomassa da forrageira *Cynodon dactylon* cv Tifton 85, pois como foi analisado anteriormente não ocorreu variação significativa entre a produção anual de biomassa da forrageira entre os sistemas pastagem e silvipastoril.

Na Tabela 9 apresentam-se os resultados da luminosidade, referentes à luz incidente na forrageira, no sistema silvipastoril, distribuídos nas 3 faixas demarcadas na área, para os 6 horários e para as 2 épocas de amostragem.

Tabela 9. Resultados da intensidade luminosa incidente na forrageira no sistema silvipastoril, por faixas da área, amostradas em diferentes horários, em novembro de 2011 e junho de 2012, em Nova Laranjeiras – PR

Faixas de amostragem	Época		Média da faixa
	Junho	Novembro	
Faixa A	16,20 c	33,51	24,85
Faixa B	23,91 b	33,19	28,56
Faixa C	28,73 a	32,21	30,47
Média	22,95	32,97	27,96
ANOVA	*	NS	NS
CV%	13,31	55,60	47,00

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5%. CV: coeficiente de variação. NS: diferença estatística não significativa.

Verifica-se nos resultados apresentados na Tabela 9, sobre luminosidade nas faixas da área do sistema silvipastoril que na época de amostragem de junho ocorreu

diferença significativa entre as faixas, sendo que a faixa A, mais próxima das árvores, obteve uma redução na luminosidade de cerca de 43% em relação a faixa C, a mais distante das árvores, e a faixa B obteve uma redução de cerca de 17% em relação a faixa C.

Vale ressaltar que no horário das 12 horas, na amostragem de novembro de 2011, ocorreu um período de nebulosidade, por esta razão a luminosidade obtida nos dois sistemas foi desproporcional e inferior aos horários das 10 horas e 14 horas.

Em comparação a área do sistema pastagem, onde a luminosidade foi medida a pleno sol, as faixas da área do sistema silvipastoril tiveram uma redução de 53,0%, 30,7% e 16,3%, respectivamente para as faixas A, B e C.

Verifica-se assim que na faixa A mais próxima das árvores a luminosidade reduziu em mais de 50% com relação a pleno sol e também de forma significativa em relação às demais faixas. Estes resultados na luminosidade na época de junho possivelmente contribuíram para a redução da produção de biomassa da forrageira *Cynodon dactylon* cv Tifton 85 neste mesmo período, comparativamente a área do sistema pastagem a pleno sol.

Na época de amostragem da luminosidade de novembro não ocorreu diferença significativa entre as faixas, porém, nesta amostragem ocorreu redução na luminosidade natural no horário de medição das 12 horas, este fato provavelmente provocou alterações nos resultados para a época. Contudo na avaliação da forrageira nesta época não ocorreram diferenças significativas de produção entre as faixas, excluindo assim a possibilidade ter ocorrido uma alteração significativa na luminosidade que provocasse impactos na produção da biomassa da forrageira.

Na avaliação da influência da luminosidade no comportamento de 11 espécies forrageiras, com a utilização de pinus, SOARES et al. (2009), para uma densidade de plantas de 222 árvores ha<sup>-1</sup> e de 370 árvores ha<sup>-1</sup> obtiveram uma redução na radiação total global (MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>) em relação à área pleno sol de cerca de 56% e 85%, respectivamente, o que ocasionou redução significativa na produção de MS das forrageiras. No presente experimento as árvores de eucalipto na densidade de 134 árvores ha<sup>-1</sup> provocaram uma redução de cerca de 31,0% em relação à área de pleno sol e na produção anual da biomassa não foi gerada redução significativa.

ANDRADE (2000) avaliou um sistema silvipastoril constituído por *Eucalyptus*

*urophylla* e *Panicum maximum* cv. Tanzânia-1, implantado há cinco anos. Com uma densidade de árvores de 250 árvores ha<sup>-1</sup>, obteve uma transmissão de luz ao sub-bosque do sistema de 32,2%, para medições realizadas no mês de maio. Relata também que é provável que durante o verão, quando ocorre menor interceptação de luz pela copa das árvores, devido à menor inclinação solar, a transmissão de luz estivesse próxima a 50%. Como uma das conclusões o autor descreve que o sombreamento não era o único fator limitando a produtividade da gramínea em sub-bosque.

Conforme relatam PACIULLO et al. (2007) em condições mais severas de sombreamento (65%) e uma população de árvores de 170 árvores ha<sup>-1</sup> em sistema silvipastoril, ocorreu uma acentuada redução da massa de forragem da *Brachiaria decumbens* e que com o corte de parte das árvores de *Eucalyptus grandis*, atingiu-se densidade de 110 árvores ha<sup>-1</sup> e diminuiu-se a taxa de sombreamento da área para 35%, resultando em melhorias no desempenho da forrageira.

Em seu estudo sobre acúmulo de MS de forragem em gramíneas tropicais (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu; *B. brizantha* cv. Xaraés; *B. brizantha* e *B. decumbens*) sobre três níveis de luminosidade (pleno sol, sombreamento moderado com 417 árvores ha<sup>-1</sup> e sombreamento intenso com 833 árvores ha<sup>-1</sup>, MEIRELLES e MOCHIUTTI (2003) concluíram que o sombreamento intenso provocou em todas as espécies de gramíneas avaliadas uma redução expressiva na produção de MS, evidenciando o efeito negativo da baixa luminosidade. Destacam ainda que essa resposta negativa ao sombreamento geralmente é observada em gramíneas, principalmente às pertencentes ao grupo C4.

Esta situação também é observada por PILLAR et al. (2002) que verificaram que na maioria dos estudos com gramíneas tropicais, existem relatos sobre a redução na produção de forragem sob sombreamento intenso, em razão da acentuada diminuição das taxas fotossintéticas das gramíneas de sistema C4. Os autores ressaltam ainda que espaçamentos e arranjos mais amplos nos plantios de eucalipto devem ser avaliados visando ao favorecimento das gramíneas forrageiras tropicais (C4). Esta situação foi verificada neste trabalho, pois o espaçamento entre linhas de cerca de 50 m proporcionou um sombreamento moderado à forrageira *Cynodon dactylon* cv Tifton 85, que é uma planta C4 e não se verificou impacto expressivo na sua produção.

ANDRADE et al. (2004) analisaram a influência de níveis de sombreamento artificial (0%, 30%, 50% e 70%) nas taxas de acúmulo de MS de quatro gramíneas (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *B. humidicola* cv. Quicuí-da-amazônia, *Panicum maximum* cv. Massai e *Paspalum notatum* cv. Pensacola) e três leguminosas forrageiras (*Arachis pintoi* cv. Belmonte, *A. pintoi* BRA-031143 e *Pueraria phaseoloides*). Os autores concluíram que as gramíneas Marandu e Massai tiveram comportamento similar em relação ao sombreamento no período chuvoso, os índices de produção de MS cresceram ligeiramente com 30% de sombra, e decresceram levemente a partir desse nível. Ressaltam, ainda que com 50% e 70% de sombra, os decréscimos nas taxas de produção de MS do Capim-Marandu foram de 13% e 60%, respectivamente, em relação à condição de pleno sol; no capim Massai estes decréscimos foram de 17% e 50%, respectivamente. Estes resultados ressaltam que o sombreamento das árvores pode influenciar a produção das forrageiras a partir de determinada porcentagem de sombreamento.

Analisando a forrageira *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com eucalipto, que foram implantados em linhas duplas: (3 x 3) + 10 m, (3 x 4) + 7 m, (3 x 4) + 10 m, (3 x 4) + 7 + 10 m, (3 x 3) + 15 m; e linhas simples: 10 x 3 m, e 10 x 4 m, OLIVEIRA et al. (2007) concluíram que não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos e que a disponibilidade de *B. brizantha* foi sempre maior na entrelinha do que na linha de plantio, independente do arranjo de plantio do eucalipto.

SOUZA et al. (2007) em um experimento composto por um sistema arborizado (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu sombreada com *Z. tuberculosa*, 160 árvores ha<sup>-1</sup>) e seu respectivo controle (monocultura de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, a pleno sol), verificaram que no tratamento que incluiu árvores o sombreamento proporcionou radiação fotossinteticamente ativa (RFA) insuficiente para atingir o mínimo (800 μmol de Fóton m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) necessário para o bom desenvolvimento da gramínea. Isso pode ser um indicativo de que existe a necessidade de realizar a poda da copa ou o corte de árvores com o intuito de aumentar a RFA disponível para a forrageira.

Quando utilizou seis espécies de gramíneas forrageiras tropicais (*Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich.) Stapf, cv. Marandu; *B. decumbens* Stapf; *Melinis minutiflora* Beauv.; *Andropogon gayanus* Kunth var. *bisquamulatus* (Hoscht) Hack, cv.

Planatina; *Panicum maximum* Jacq., cv. Vencedor; *Setaria anceps* Stapf ex Massey, cv. Kazungula) submetidas a 0%, 30% e 60% de sombra, CASTRO et al. (1999) constataram que o sombreamento, entre outros fatores, influenciou a produção de MS das forrageiras, sendo que na média ocorreu uma redução de 16,5% na produção para sombreamento de 30% e uma redução de 30,15% para o sombreamento de 60%.

CASTRO et al. (1999) destacam que o sombreamento influenciou de forma diferente a produção de biomassa das espécies, ou seja, o impacto do sombreamento provocou variações diferentes na produção das espécies forrageiras pesquisadas. Sendo assim complementam que o decréscimo na produtividade forrageira dessas gramíneas pode ser decorrente do fato de a radiação luminosa do ambiente sombreado ser inferior à correspondente ao ponto de compensação lumínico característico de cada espécie.

No caso dos resultados apresentados na Tabela 8, ocorreram resultados similares ao encontrado por ANDRADE et al. (2004) e divergentes aos de CASTRO et al. (1999), pois, no experimento ocorreu uma redução de cerca de 30% na luminosidade média da área no sistema silvipastoril em relação ao sistema pastagem a pleno sol e com esta quantidade de sombreamento não ocorreu diminuição significativa na produção de MS da forrageira. É fato relevante que existe uma diversidade quanto às espécies analisadas em cada estudo, com características e necessidades também diferentes, bem como exigências de luminosidade próprias.

Pode-se assim destacar que com base nos resultados do experimento, as árvores mesmo provocando um sombreamento expressivo, este não chegou a níveis de provocar perdas significativas na produção de biomassa das forrageiras, podendo avaliar-se assim que a densidade 134 árvores ha<sup>-1</sup> de *Eucalyptus dunnii* e a forrageira *Cynodon dactylon* cv Tifton 85 podem ser recomendadas para o uso em sistemas silvipastoris.

### **5.3 Solo**

As condições do solo nos diferentes sistemas são apresentadas na Tabela 10, onde estão os dados médios de pH, MO, P, K, Ca, Mg, referentes às amostragens do solo realizadas em junho de 2012.

Tabela 10. Resultados da análise química do solo nos sistemas silvipastoril, pastagem e floresta homogênea, referentes às amostragens realizadas em junho de 2012, em Nova Laranjeiras – PR

Sistema	pH CaCl	MO g dm <sup>-3</sup>	P Mehlich mg dm <sup>-3</sup>	K cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Ca cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mg cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
Floresta homogênea	5,13	35,03	2,10	0,40 a	4,96	3,26
Pastagem	5,33	33,20	7,83	0,52 a	5,73	4,40
Silvipastoril	5,28	33,96	11,02	0,21 b	5,48	3,82
ANOVA	NS	NS	NS	*	NS	NS
CV%	6,05	2,94	63,34	20,12	22,33	14,70

Médias seguidas da mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5%. CV: coeficiente de variação. NS: diferença estatística não significativa.

Nos resultados das análises de solo, em relação às características químicas verifica-se que apenas para o elemento químico K ocorreu diferença significativa entre os sistemas, sendo que o silvipastoril com 0,21 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> obteve o menor valor entre os sistemas. Nos demais indicadores, pH, MO, P, Ca e Mg não ocorreram diferenças significativas.

Contudo, ressalta-se que com relação ao P não ocorreu diferença significativa pela análise estatística, pois devido à grande amplitude dos valores, foi gerado um diferença mínima significativa de 9,58, resultando ainda em um CV% de 63,34. Percebe-se contudo, que os valores obtidos no sistema silvipastoril e pastagem são muito superiores aos obtidos no sistema floresta homogênea.

No sistema pastagem e silvipastoril ocorre a retirada de MS com o pastoreio dos animais, mas também acontece a deposição dos dejetos dos animais e uma adubação de manutenção com 10 kg de uréia e 4 kg de cloreto de potássio por piquete, após o pastoreio dos animais. Esta adubação é realizada no período de outubro a fevereiro. Uma vez por ano é também colocado 25 kg de supersimples por piquete, equivalendo a 45 kg de N ha<sup>-1</sup>, 24 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> e 50 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>.

A quantidade de MO nos três sistemas é muito similar podendo-se concluir que as entradas e saídas de nutrientes está ocorrendo de forma balanceada e semelhante quantitativamente nos três sistemas. Já a quantidade de P ser superior no sistema pastagem e silvipastoril em relação ao sistema floresta homogênea provavelmente deve-

se em muito pela adubação que é realizada nestes sistemas para a manutenção da forrageira.

Na Tabela 11 são apresentados os dados da análise de solo referentes às características químicas, na área do sistema silvipastoril, analisados por faixa de amostragem.

Tabela 11. Resultados da análise química do solo no sistema silvipastoril, em diferentes faixas da área, referentes às amostragens realizadas em junho de 2012, em Nova Laranjeiras – PR

FAIXAS	pH CaCl	MO g dm <sup>-3</sup>	P Mehlich mg dm <sup>-3</sup>	K cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Ca cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mg cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>
Faixa A	5,20	33,20	9,33 ab	0,16	6,07	3,90
Faixa B	5,43	34,13	17,50 a	0,21	5,73	3,43
Faixa C	5,23	34,57	6,23 b	0,26	4,67	4,13
ANOVA	NS	NS	*	NS	NS	NS
CV%	3,21	3,58	35,75	26,98	14,99	9,75

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5%. CV: coeficiente de variação. NS: diferença estatística não significativa.

Analisando os resultados para as características químicas do solo, comparativamente nas faixas da área em relação à distância da linha das árvores, nos resultados da Tabela 11 verifica-se que apenas para o elemento químico P ocorreu variação entre as faixas, sendo que a faixa B com uma média de 17,50 mg dm<sup>-3</sup> possui o maior valor. Já a faixa C, mais distante das árvores, com média de 6,23 mg dm<sup>-3</sup> possui o menor valor. Percebe-se nestes resultados uma alta amplitude na variação dos valores para P e a não ocorrência de uma dinâmica lógica na distribuição do P na área. Uma das hipóteses para esta variação é o fato de ser realizada a adubação de manutenção das forrageiras conforme já foi descrito e ter ocorrido falhas na distribuição do adubo na área.

Os resultados sobre a resistência a penetração e a umidade do solo referente às áreas dos sistemas silvipastoril, pastagem e floresta homogênea são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12. Resultados sobre resistência do solo, por sistemas silvipastoril, pastagem e floresta homogênea, referentes às amostragens realizadas em junho de 2012, em Nova Laranjeiras – PR

Profundidade (cm)	Resistência (MPa)			ANOVA	CV%
	Silvipastoril	Pastagem	Floresta homogênea		
0 – 5	1,00	1,00	0,50	NS	24,21
5 – 10	1,73 a	1,31 b	1,23 b	*	9,80
10 – 15	1,74	1,33	1,37	NS	27,91
15 – 20	1,69 a	1,06 b	1,38 b	*	17,98
20 – 25	1,65	1,03	1,58	NS	19,57
25 – 30	1,50	1,14	1,52	NS	11,23
30 – 35	1,22	1,23	1,65	NS	12,93
35 – 40	0,81	1,21	1,65	NS	39,95

Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5% CV: coeficiente de variação. NS: diferença estatística não significativa.

A umidade do solo nos pontos de amostragem da resistência a penetração do solo em média foi de 30,31%, 31,91% e 27,32%, respectivamente para as áreas do sistema silvipastoril, pastagem e floresta homogênea.

Quanto à resistência do solo à penetração, nos resultados da Tabela 12, não fica evidente um efeito expressivo dos sistemas, ou seja, praticamente em todas as profundidades do solo os valores não diferiram significativamente. Apenas, na profundidade de 5-10 e 15-20 cm, a área do sistema silvipastoril apresentou índices de resistência à penetração do solo superiores aos demais sistemas.

CAMPOS e ALVES (2006) avaliando resistência à penetração de um solo em recuperação sob sistemas agrosilvipastoris, obtiveram resultados semelhantes ao presente experimento, uma vez que em seus tratamentos com área em regeneração e Pinus, área degradada e regeneração natural e área em regeneração com adubo verde e pastagem não apresentaram diferença significativa para a resistência a penetração do solo para todas as profundidades. Somente ocorreu diferença significativa entre a área degradada sem vegetação e os demais tratamentos nas camadas 0-5 e 5-10, isto segundo o autor devido entre outros fatores à inexistência de vegetação e cobertura morta na área.

Na Tabela 13 são apresentados os resultados sobre a resistência à penetração do solo referente às faixas na área do sistema silvipastoril.

Tabela 13. Resultados sobre resistência do solo, por faixa de amostragem no sistema silvipastoril, referentes às amostragens realizadas em junho de 2012, em Nova Laranjeiras – PR

Profundidade (cm)	Resistência (MPa)			ANOVA	CV%
	Faixa A	Faixa B	Faixa C		
0 – 5	0,92	0,88	1,19	NS	35,78
5 – 10	1,69	1,85	1,66	NS	11,15
10 – 15	1,50	2,46	1,27	NS	14,12
15 – 20	1,66	2,00	1,41	NS	16,72
20 – 25	1,47 b	2,11 a	1,37 b	*	8,36
25 – 30	1,46	1,46	1,58	NS	20,14

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5%. CV: coeficiente de variação. NS: diferença estatística não significativa.

A umidade do solo nos pontos de amostragem da resistência à penetração em média foi de 29,74%, 39,53% e 30,96%, respectivamente para as áreas das faixas "A", "B" e "C" do sistema silvipastoril.

A resistência do solo a penetração analisada na Tabela 13 apresenta como resultado uma homogeneidade entre as faixas da área do sistema silvipastoril, ou seja, não se verifica uma relação da resistência do solo à penetração com a presença das árvores em linha, na margem do piquete. Porém, a faixa B apresentou na profundidade 20-25 cm uma resistência maior em relação a demais faixas que ficam mais próxima (faixa A) e mais distante (faixa C) das árvores. Esta faixa também apresentou no conjunto uma resistência maior visto que com os 15 impactos realizados no Penetrômetro não se ultrapassou a profundidade de 30-35 cm, o que nas outras faixas ocorreu.

Pelos dados e resultados referentes às condições do solo, verifica-se de forma geral que as árvores no sistema silvipastoril, para as condições do experimento, não proporcionaram impactos expressivos tanto nas condições químicas e físicas do solo analisadas. Sugere-se assim que as árvores de *Eucalyptus dunnii*, implantadas com o

espaçamento de 2 m na linha e 50 m entre as linhas não provocou alterações expressivas no solo da área. Sugere-se que os três sistemas analisados apresentam padrões similares de comportamento do seu solo.

GAMA-RODRIGUES (2004) destaca que os ecossistemas florestais tropicais são auto-sustentáveis e caracterizam-se por ser um sistema eficiente de ciclagem de nutrientes. Estes são sistemas de ciclo “fechado” de nutrientes com pequena perda ou ganho relativo de nutrientes e altas taxas de ciclagem interna no sistema solo-planta. Ao contrário, muitos sistemas agrícolas representam sistemas abertos, comparativamente, com altas perdas de nutrientes. O autor ressalta ainda que os sistemas silvipastoris estão em situação intermediária a estes ecossistemas.

Pela diversidade dos sistemas silvipastoris, principalmente quanto a espécies utilizadas, pela conseqüente variação na produção de biomassa em quantidade e qualidade, é também muito variável o efeito deste sistema na fertilidade e na física dos solos. As diferenças observadas entre os estudos obviamente também se devem a outros fatores, incluindo o manejo dos rebanhos.

Este fato faz com que alguns resultados de pesquisas em relação à fertilidade do solo sejam contraditórios. NEVES et al. (2004) relataram que existe uma tendência de aumento de estoque de carbono pelo solo, já SANTOS et al. (2009) obtiveram resultados que evidenciam a diminuição dos estoques de carbono em um sistema silvipastoril em relação ao campo natural.

MAIA et al. (2008), pesquisando sobre N em sistemas agroflorestais e convencional, obtiveram resultados similares a este experimento, concluindo que o N da biomassa microbiana não apresentou diferenças significativas entre os sistemas pesquisados.

A fertilidade dos solos em um sistema silvipastoril, pode ser afetada negativamente com a presença das árvores, pois é importante considerar o fato de que espécies como o eucalipto, que possuem uma alta relação C/N, podem, ao longo do tempo, consumir grandes quantidades de N, podendo tornar-se concorrentes por este elemento em relação à forrageira implantada na área (RADOMSKI e RIBASKI, 2009).

Os sistemas agroflorestais segundo GAMA-RODRIGUES (2004) podem ser auto-suficientes em N pelo uso de leguminosas florestais; entretanto, para o P, especialmente no sistema de aléias, não são capazes de suprir quantidades suficientes

para manter a produção dos cultivos. Além disso, há poucos dados experimentais sobre os demais nutrientes. Por outro lado, são fortes as evidências de que o manejo da ciclagem de nutrientes contribui para a melhoria da fertilidade do solo, especialmente nos níveis de N e da MO do solo, aumentando a produtividade em muitos sistemas agroflorestais.

RADOMSKI e RIBASKI (2009) citam que os sistemas silvipastoris com eucalipto podem contribuir para uma adição constante de resíduos para aumentar sua estabilidade e melhorar sua estrutura neste sentido, já que a cultura apresenta um alto potencial de produção de resíduos. Estes resíduos, entretanto, apresentam uma baixa taxa de decomposição no solo, consequência da presença de compostos de carbono de cadeias mais complexas, como a lignina e os taninos.

Esta situação também é destacada por ANDRADE et al. (2000) que ressaltam que apesar da melhoria no aspecto carbono, sistemas silvipastoris baseados em eucalipto tendem a ter problemas com imobilização de N no solo, devido à alta relação C/N da serapilheira depositada, levando à competição entre a gramínea e o eucalipto e à redução da quantidade de N disponível para a forrageira.

PACIULLO et al. (2007) citam que entre os benefícios dos sistemas silvipastoris está a possibilidade de melhorias nas condições físicas, químicas e biológicas do solo. Nos resultados obtidos neste experimento estas melhorias não foram verificadas.

Já FIDALSKI et al., (2008) ressaltam que o manejo inadequado da fertilidade do solo, das espécies forrageiras exploradas e da taxa de lotação animal, podem ocasionar redução da produtividade das pastagens e também podem afetar diretamente a qualidade física do solo. Nas condições do presente experimento estas situações também não foram verificadas, pois não se demonstrou impactos negativos de forma regular para o solo na área do sistema silvipastoril em relação aos demais sistemas.

Em razão da natureza complexa dos sistemas agroflorestais, GAMA-RODRIGUES (2004) observa que os métodos convencionais de análise de fertilidade do solo não são sensíveis o bastante para detectar alteração na disponibilidade de nutrientes, especialmente de N e P. O autor destaca ainda que a magnitude dos benefícios da ciclagem de nutrientes para a produção de cultivos agrícolas nos sistemas agroflorestais carece de metodologias de pesquisa apropriadas.

Com base nos dados apresentados e nas questões descritas pelos autores citados, sugere-se que as poucas diferenças obtidas com relação às características químicas e sobre a resistência do solo à penetração, não são efeitos diretos dos sistemas, em especial das árvores implantadas no sistema silvipastoril e podem ser inerentes às práticas de manejo e adubação dos sistemas e das próprias características de cada área.

## 6. CONCLUSÕES

- ✓ O sistema silvipastoril formado pela forrageira *Cynodon dactylon* (L.) Pers. cv Tifton 85 e árvores de *Eucalyptus dunnii* Maiden produziu quantidade superior de biomassa acima do solo em comparação aos sistemas pastagem e floresta homogênea, com o cultivo das mesmas espécies em monocultura, constitui-se assim uma alternativa de sistema de produção com potencial para a região;
- ✓ A forrageira *Cynodon dactylon* (L.) Pers obteve rendimento de biomassa similar, tanto nas áreas dos sistemas pastagem e silvipastoril quanto entre as faixas da área do sistema silvipastoril;
- ✓ As árvores de *Eucalyptus dunnii* Maiden, obtiveram rendimento maior de biomassa em t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> no sistema floresta homogênea. Já a maior produção de biomassa em kg ano<sup>-1</sup> por indivíduo (árvores) se apresenta no sistema silvipastoril; o que sugere que as árvores do sistema silvipastoril podem ser utilizadas para fins mais lucrativos. A composição da MS por componente das árvores no sistema silvipastoril foi de tronco (60,0%) > galhos (21,63%) > folhas (11,93%) > casca (6,44) e no sistema floresta homogênea foi de tronco (68,58%) > galhos (15,37) e casca (12,95) > folhas (3,10%);
- ✓ A intensidade luminosa variou significativamente, reduzindo em cerca de 31% no sistema silvipastoril em relação ao sistema pastagem; e cerca de 43% na faixa A em relação a faixa C na área do sistema silvipastoril. Evidenciando assim um efeito das árvores de *Eucalyptus dunnii* sobre a área, contudo não ocorreu uma influência expressiva na produção das forrageiras;
- ✓ Quanto às condições do solo, não foram verificadas diferenças expressivas entre os sistemas e as faixas da área do sistema silvipastoril. Contudo, verificou-se a necessidade de aprimorar o processo de amostragem e análise das condições do solo neste tipo de sistema;

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEMÃO, A. B. da C. **O agricultor e sua relação com o meio ambiente: estudo de fatores históricos e culturais.** Londrina – PR, UEL, 2005. 160p. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Estadual de Londrina, 2005.
- ALTIERI, M. The ecological role of biodiversity. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.74, p.19-31, 1999.
- ANDRADE, C. M. S. **Estudo de um sistema agrissilvipastoril, constituído por *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake e *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1, na região dos Cerrados de Minas Gerais, Brasil.** Viçosa: UFV, 2000. 102p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- ANDRADE, C. M. S.; GARCIA, R.; COUTO, L.; PEREIRA, G.; SOUZA, A. L. de. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1845-1850, 2003.
- ANDRADE, C. M. S. de; VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. da C.; VAZ, F. A. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.263-270, 2004.
- ARAUJO, D. L. da C. **Avaliação dos capins Tifton-85 (*Cynodon* spp), tanzânia (*Panicum maximum*) e Marandu (*Brachiaria brizantha*) e terminação de ovinos em pastagens cultivadas com uso de suplementação.** Teresina: UFPI, 2005. 55 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Piauí, 2005.
- ASSIS, S. O. de; MANCIO, A. B.; MACHADO, T. M. M. Contribuições participativas para o sistema agrossilvipastoril. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v.4, p.584-588, 2009.
- BARRO, R. S.; SAIBRO, J. C. de; MEDEIROS, R. B. de; SILVA, J. L. S. da; VARELLA, A. C. Rendimento de forragem e valor nutritivo de gramíneas anuais de estação fria submetidas a sombreamento por *Pinus elliotti* e ao sol pleno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1721-1727, 2008.
- BRASIL, 2006. **Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006.** Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. Disponível em: <[www4.planalto.gov.br/legislação](http://www4.planalto.gov.br/legislação)>. Acesso em: 15/03/2011
- CAMPOS, F. da S. de; ALVES, M. Resistência à penetração de um solo em recuperação sob sistemas agrossilvipastoris. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. DEAg/UFMG, v.10, p.759–764, 2006.

CAMPOS, M. A. A. **Balanço de biomassa e nutrientes em povoamentos de *Ilex paraguariensis*. Avaliação na safra e na safrinha.** Curitiba – PR, UFPR, 1991. 106p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 1991.

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

CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. C. Boas práticas para a implantação de sistemas silvipastoris. **Comunicado Técnico**. EMBRAPA. Juiz de Fora – MG, n.50, 6p., 2006.

CHACÓN, E.; BALDIZÁN, A.; ARRIOJAS, L. **Metodologias para el estudio de sistemas agrosilvopastoriles (fundamentos teóricos).** In: I Simposio sobre silvopastoreo em Venezuela, **Anais...** Universidad Rómulo Gallegos, San Juan de Los Morros, Venezuela, 2006.

COSTA, R. B. da; ARRUDA, E. J. de; OLIVEIRA, L. C. S. Sistemas agrossilvipastoris como alternativa sustentável para a agricultura familiar. Universidade Católica Dom Bosco, **Revista Internacional de Desenvolvimento Local**, v.3, p.25-32, 2002.

CRUZ, P. T. D. **Viabilidade técnica e econômica de sistemas silvipastoris com *Eucalyptus* spp. na região Noroeste do Estado do Paraná.** Maringá - PR – UEM, 2007. 92p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual de Maringá, 2007.

CUNHA, J. P. A. R; VIEIRA, L. B.; MAGALHÃES, A. C. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes densidades e teores de água. Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.10, 2002.

DIAS-FILHO, M. B. Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens tropicais degradadas. In: GONZAGA NETO, S.; COSTA, R. G.; PIMENTA FILHO, E. C.; CASTRO, J. M. da C. Simpósios da Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 43. João Pessoa, **Anais....** João Pessoa: SBZ (Suplemento Especial da Revista Brasileira de Zootecnia, v.35, p.535-553, 2006.

DIAS-FILHO, M. B.; FERREIRA, J. N. Barreiras para adoção de sistemas silvipastoris. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGEM, 6., 2007, Lavras. **Anais....** Lavras:UFLA, p.347-365, 2007.

DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; AZEVEDO, B. C. de; COLOMBARI, A. A.; DIAS, J.; FRANCO, A. A. Estabelecimento de leguminosas arbóreas em pastos de Capim-Marandu e Tanzânia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1413-1419, 2008.

EMBRAPA Florestas; EMBRAPA Solos; IAPAR. **Mapa de solos do Estado do Paraná:** Legenda atualizada. Ed: Bhering, S.B.; Santos, H. G. Rio de Janeiro: Embrapa Florestas: Embrapa Solos: Instituto Agrônômico do Paraná, 74 p. 2008.

EMBRAPA Solos. Manual e métodos de análise de solos. Rio de Janeiro. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2º Ed., 212 p. 1997.

FIDALSKI, G. R.; TORMENNA, C. A.; CECATO, U.; BARBERO, L. M.; LUGÃO, S. M. B.; COSTA, M. A. T. Qualidade física do solo em pastagem adubada e sob pastejo contínuo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1583-1590, 2008.

GAMA-RODRIGUES, A. C. da Ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais: funcionalidade e sustentabilidade. In: IV Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais. **Anais...** Rio de Janeiro, p.67-87, 2004.

GARCIA, A. R.; MATOS, L. B.; LOURENÇO JUNIOR, J. de B.; NAHÚM, B. de S.; ARAÚJO, C. V. de; SANTOS, A. X. Variáveis fisiológicas de búfalas leiteiras criadas sob sombreamento em sistemas silvipastoris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1409-1414, 2011.

GARCIA, R.; ANDRADE, C.M.S. Sistemas silvipastoris na Região Sudeste. 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-CNPGL; FAO, p.173-187, 2001.

GARCIA, R.; TONUCCI, R. G.; GOBBI, K. F. Sistemas silvipastoris: uma integração pasto, árvore e animal. In: **Sistema grossilvipastoril: integração lavoura, pecuária e floresta**. Capítulo IV. Universidade Federal de Viçosa, Sociedade de Investigadores Florestais, Viçosa – MG. p.123-166, 2010.

GUEDES, B.; ARGOLA, J.; PUNÁ, N; MICHONGA, E.; MONTEIRO, J. **Estudo da biomassa florestal numa floresta aberta de miombo no distrito de Bárué, Manica**. Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal, 2001. Moçambique. pt. 2. Relatório das atividades de julho, 2001.

HARVEY, C.; HABER, W. Remnant trees and the conservation of biodiversity in Costa Rican pastures. **Agroforestry System**, v.44, p.37-68, 1999.

HURTIENNE, T. Agricultura familiar e desenvolvimento rural sustentável na Amazônia. **Novos Cadernos NAEA**, v.8, p.19-71, 2005.

IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná. **Cartas climáticas do Paraná: classificação climática**. Disponível em: <[www.iapar.br](http://www.iapar.br)>. Acesso em: 28/05/2012.

KAUR, B.; GUPTA, S.R.; SINGH, G. Soil carbon microbial activity and nitrogen availability in agroforestry systems on moderately alkaline soils in Northern India. **Applied Soil Ecology**, v.15, p.283-294, 2000.

KIRCHNER, R. **Desempenho de forrageiras anuais de inverno sob distintos níveis de irradiância**. Pato Branco-PR: UTFPR, 2009. 92p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2009.

LADEIRA, B. C. **Crescimento, produção de biomassa e eficiência nutricional de *Eucalyptus spp.*, sob três espaçamentos, em uma seqüência de idades.** Viçosa-MG: UFV, 1999. 132p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.

LIMA, T. E. de O. **Análise fitossociológica da macrofauna edáfica e da biomassa em um trecho de floresta ripária no município de Guarapuava, Paraná.** Curitiba-PR:UFPR, 2009. 130p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2009.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. da S.; OLIVEIRA, T. S. de; MENDONÇA, E. de S.; ARAÚJO FILHO, J. A. de. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. **Revista Árvore**, v.30, p.837-848, 2006.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. da S.; OLIVEIRA, T. S. de; MENDONÇA, E. de S.; ARAÚJO FILHO, A. Frações de nitrogênio em luvisolo sob sistemas agroflorestais e convencional no semi-árido cearense. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v.32, p.381-392, 2008.

MALLMANN, C. E. S.; BERTO, J. L. Simulação do crescimento potencial de pastagens de Tifton 85. In: XXX Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional – CNMAC. **Anais...** Florianópolis - SC, 7p., 2007.

MARTINELLI, L. A.; MOREIRA, M. Z.; BROWN, I. F.; VICTORIA, R. L. Incertezas associadas às estimativas de biomassa em florestas tropicais: o exemplo de uma floresta situada no estado de Rondônia. In: Seminário Emissão x Sequestro de CO<sub>2</sub> uma nova oportunidade de negócios para o Brasil: Porto Alegre. **Anais...** Companhia Vale do Rio Doce. Rio de Janeiro, p.197-221, 1994.

MARTINS, P. J. **Biomassa vegetal, estoque de carbono e dinâmica em um fragmento de floresta ombrófila mista montana.** Guarapuava – PR: UNICENTRO, 2011. 86p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, 2011.

MEIRELLES, P. R. de L.; MOCHIUTTIZ, S. **Níveis de sombreamento e taxas de acumulação de massa seca de forragem em gramíneas tropicais.** EMBRAPA – Amapá, Macapá – AP, 4p., 2003.

MELOTTO, A.; NICODEMO, M. L.; BOCCHESI, R. A.; LAURA, V. A.; GONTIJO NETO, M. M.; SCHLEDER, D. D.; SILVA, V. P. Sobrevivência e crescimento inicial em campo de espécies florestais nativas do Brasil Central indicadas para sistemas silvipastoris. **Revista Árvore**, v.33, p.425-432, 2009.

MELO, J. T.; ZOBY, J. L. F. Espécies para arborização de pastagens. In: **Circular Técnica, 113.** Planaltina: Embrapa-CPAC, 4p., 2004.

MOSQUERA-LOSADA, M. R.; FERNÁNDEZ-NÚÑEZ, E.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A. Pasture, tree and soil evolution in silvopastoral systems of Atlantic Europe. **Forest Ecology and Management**, v.232, p.135-145, 2006.

MÜLLER, M. D.; FERNANDES, E. N.; CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. C.; ALVES, F. de F. Estimativa de Acúmulo de Biomassa e Carbono em Sistema Agrossilvipastoril na Zona da Mata Mineira. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.60, p.11, 2010.

NEPOMUCENO, A. N.; SILVA, I. C. Caracterização de sistemas silvipastoris da região Noroeste do Estado do Paraná. **Floresta**, Curitiba, PR, v.39, p.279-287, 2009.

NEVES, C. M. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; MACEDO, R. L. G.; TOKURA, A. M. Estoque de carbono em sistemas agrossilvipastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na Região Noroeste do Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, p.1038-1046, 2004.

OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, R. L. G.; SANTOS, I. P. A. dos; HIGASHIKAWA, E. M.; VENTURIN, N. Produtividade de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv.Marandu sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com eucalipto. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.748-757, 2007.

OLIVEIRA, M. A. de; PEREIRA, O. G.; GARCIA, R. OBEID, J. A.; CECON, P. R.; MORAES, S. A. de; SILVEIRA, P. R. da. Rendimento e valor nutritivo do Capim-Tifton 85 (*Cynodon* spp.) em diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1949-1960, 2000.

OLTRAMARI, C. E.; PAULINO, V. T. **Forrageiras para gado leiteiro**. Curso de Produção Animal Sustentável – IZ/APTA-SAA - Disciplina Ecologia de Pastagens, 2009.

PACIULLO, D. S. C.; CAMPOS, N. R.. GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T. de; ROSSIELLO, R. O. P. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.917-923, 2008.

PACIULLO, D. S. C.; AROEIRA, L. J. M. **Sistemas silvipastoris para a produção de leite: Seis vantagens**. 2007. Disponível em: <[www.cnppl.embrapa.br](http://www.cnppl.embrapa.br)>. Acesso em: 15/09/2010.

PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C. A. B. de; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; LOPES, F. C. F.; ROSSIELLO, R. O. P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.573-579, 2007.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R.T.; FERNANDES, P. B.; MULLER, M. D.; PIRES, M. de F. Á.; FERNANDES, E. N.; XAVIER, D. F. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1176-1183, 2011.

PAIXAO, F. A.; SOARES, C. P. B.; JACOVINE, L. A.; SILVA, M. L.; LEITE, H. G.; SILVA, G. F. Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto. **Revista Árvore**, v.30, p.411-420, 2006.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. Considerações sobre o plantio de *Eucalyptus dunnii*, no estado do Paraná. **Comunicado Técnico**, 141. EMBRAPA, 7p., 2005.

PILLAR, V. de P; BOLDRINI, I. I.; LANGE, O. Padrões de distribuição espacial de comunidades campestres. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.753-761, 2002.

PROBST, R.; APA, H. C. G. do Rio; PATRÍCIA, L. A.; RASCHE, F.; VIEIRA, A. R. R.; VINCENZI, M. L.; DA SILVA, V. P.; QUADROS, S. A. F. Caracterização e implantação de sistemas silvipastoris no município de Imaruí (SC). **Extensio – Revista Eletrônica de Extensão**, v.3, 10p., 2005.

RADOMSKI, M. I.; RIBASKI J. Sistemas Silvipastoris: Aspectos da Pesquisa com Eucalipto e Grevílea nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Florestas. **Documentos** 191, 39 p., 2009.

RIBASKI, J. Sistemas agroflorestais. In: **Sistemas de Produção 4 - Cultivo do eucalipto**. EMBRAPA Florestas. Versão Eletrônica. 2003. Disponível em: <[www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br](http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br)>. Acesso em: 18/05/2010.

RODRIGUES JÚNIOR, D. J.; SENE, G. A. de; SILVA, P. M. R. S. da; BARBOSA, K. A.; ANDRADE, J. C. de; FARIA, D. J. G.; SALVADOR, F. M.; JAIME, D. G. Biomassa de forragem em pastagens de Tifton 85 sob sistemas de irrigação ou sequeiro. In: III Seminário de Iniciação Científica e Inovação Tecnológica. **Anais....** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro - Campus Uberaba, 3p., 2010.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F. de; NEVES, J. C. L. Biomassa e conteúdo de nutrientes de procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em alguns sítios florestais do Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, v.56, p.155-169, 1999.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; LEITE, H. G.; COMERFORDS, N. B.; NOVAIS, R. F. de. Estimativa de biomassa de plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Árvore**, v.32, p.697-706, 2008.

SANTOS, D. C.; PILLON, LIMA, C. L. R. DE; FLORES, C. A.; PILLON, C. N.; KUNDE, R. J.; SANDRINI, W. C. Avaliação da qualidade física e da matéria orgânica de um argissolo vermelho derivado de arenito da fronteira oeste do Rio Grande do Sul. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**, n.100, 26p. 2009.

SCHNEIDER, P. R.; COELHO, M. C. B.; ZANON, M. F.; FINGER, C. A. G.; KLEIN, J. E. M. Equações de volume para *Eucalyptus dunnii* Maiden, determinadas para a depressão central do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.27, p.425-428, 1997.

SCHULZ, D. G.; CASTAGNARA, D. D.; ALEIXO, V.; MALAVASI, U. C.; OLIVEIRA, P. S. R.; MALAVASI, M. M. **Sistema silvipastoril no oeste paranaense com *Jatropha curcas* L. e Tifton**. Resumos do III Seminário de Agroecologia de MS, UNIOESTE – PR, Cadernos de Agroecologia, v.5, 5p, 2010.

SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. Estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) subespécie *maidenii*. **Ciência Florestal**, v.11, p.45-53, 2001.

SILVA, A. de A.; SALMAN, A. K. D.; GUERRA, S. M. G Impacto socioambiental da implantação de sistema silvipastoril em propriedades familiares na região central de Rondônia. Resumo, 1p. In: **Anais..... II Encontro de Iniciação à Pesquisa da Embrapa Rondônia**, 2011.

SILVEIRA, P. **Métodos indiretos de estimativa do conteúdo de biomassa e do estoque de carbono em um fragmento de floresta ombrófila densa**. Curitiba: UFPR, 2008. 112p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná, 2008.

SILVEIRA, P.; KOEHLER, H. S.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. **FLORESTA**, v.38, p.185-206, 2008.

SOARES, A. B.; SARTOR, L. R.; ADAMI, P. F.; VARELLA, A.; FONSECA, L.; MEZZALIRA, J. C. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.443-451, 2009.

SOCHER, L. G. **Dinâmica e biomassa aérea de um trecho de floresta ombrófila mista aluvial no município de Araucária, Paraná**. Curitiba: UFPR, 2004. 102p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2004.

SOUZA, L. F.; NAURÍCIO, R. M.; GONÇALVES, L. C.; SALIBA, E. O. E.; MOREIRA, G. R. Produtividade e valor nutritivo da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em um sistema silvipastoril. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, p.1029-1037, 2007.

STOLF, R. **Operação do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf**. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR. (Série Penetrômetro de Impacto. Boletim n.2), 8p. 1984.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.189-196, 1998.

TALIAFERRO, C. M.; ROUQUETTE JR., F.; MISLEVY, P. Bermudagrass and stargrass. In: MOSER, L.; BURSON, B. e SOLLENBERGER, L. (Ed.) **Warm Season (C4) Grasses**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, p.417-475, 2004.

TONATO, F.; BARIONI, L. G.; PEDREIRA, C. G.; DANTAS, O. D.; MALAQUIAS, J. V. Desenvolvimento de modelos preditores de acúmulo de forragem em pastagens tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.522-529, 2010.

TOMASETTO, M. Z. de C.; LIMA, J. F. de; SHIKIDA, P. F. A. Desenvolvimento local e agricultura familiar: o caso da produção de açúcar mascavo em Capanema - Paraná. **Interações**, v. 10, p. 21-30, 2009.

TSUKAMOTO FILHO, A. A. **Fixação de carbono em um sistema agroflorestal com eucalipto na região do cerrado de Minas Gerais**, Viçosa: UFV. 2003. 98p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2003.

VALÉRIO, A. F. **Quantificação e modelagem da biomassa e carbono em plantações de *Pinus elliottii* eng. com diferentes idades**. Irati: UNICENTRO, 2009. 123p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais - Manejo Florestal) Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati – PR, 2009.

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

WATZLAWICK, L. F. **Estimativa de biomassa e carbono em floresta ombrófila mista e plantações florestais a partir de dados de imagens do satélite IKONOS II**. Curitiba: UFPR, 2003. 120p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2003.

WATZLAWICK, L. F.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E.; BALBINOT, R. Quantificação de biomassa total e carbono orgânico em povoamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze no Sul do Estado do Paraná, Brasil. **Revista Acadêmica**, v.1, p.63-68, 2003.