

**DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO EM SISTEMAS SILVIPASTORIL COM  
EUCALIPTO EM RENQUE E PASTAGEM**

**ERNI LIMBERGER**

**DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO EM SISTEMAS SILVIPASTORIL COM  
EUCALIPTO EM RENQUE E PASTAGEM**

**ERNI LIMBERGER**

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia. - Área de Concentração: Produção Vegetal

Orientador: Prof. Dr. Juliano Carlos Calonego

Co-Orientador: Dr. Jonez Fidalski

633.611  
L733d

Limberger, Erni.

Disponibilidade de água no solo em sistemas silvipastoril com eucalipto em renque e pastagem/ Erni Limberger. – Presidente Prudente, 2012.  
50 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) -  
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste,  
Presidente Prudente, SP, 2012.

Bibliografia.

Orientador: Juliano Carlos Calonego.

Co-orientador: Jonez Fidalski.

1. Arenito Caiuá. 2. Forragem. 3. Produção de madeira. 4. Microclima. 5. Textura do solo. I. Título.

**ERNI LIMBERGER**

**DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO EM SISTEMAS SILVIPASTORIL COM  
EUCALIPTO EM RENQUE E PASTAGEM**

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Presidente Prudente, 19 de junho de 2012.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Juliano Carlos Calonego  
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste  
Presidente Prudente - SP

---

Prof. Dr. Edemar Moro  
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste  
Presidente Prudente - SP

---

Prof. Dr. Gustavo Pavan Mateus  
Instituição Apta - Polo Regional Extremo Oeste  
Andradina - SP

## DEDICATÓRIA

Ao meu pai Serafim Limberger, a minha mãe Orildes Maria Limberger pelo amor, carinho, apoio e incentivo, e as minhas filhas Graziela e Fabiana, garantias de nossa continuidade.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus pelo dom da vida.

Ao Instituto Emater, pela oportunidade oferecida e apoio para a realização deste curso.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade do Oeste Paulista, pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao orientador, Professor Dr. Juliano Carlos Calonego, pelos ensinamentos transmitidos, dedicação e compreensão.

À família Balistieri, pelo fornecimento de suas instalações para a execução deste trabalho.

Aos Professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia da Unoeste, pelos valiosos ensinamentos.

Aos colegas da Emater Wander de Souza e Marcio Antonio Baliscei pela ajuda na condução dos trabalhos.

Aos colegas de turma Jorge Maurino da Silva, Ailton Donizete Silverio, Antonio Carlos Rebeschini, pelo apoio.

Aos colegas do IAPAR da Estação Experimental de Paranavaí, Alípio Rocha de Menezes, Jonez Fidalski pelos ensinamentos, incentivo, apoio técnico e equipamentos para as determinações de água no solo.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

“... e vi que o homem não pode compreender a obra que se faz debaixo do sol; pois por mais que o homem trabalhe para descobrir, não a achará; embora o sábio queira conhecê-la, nem por isso a poderá compreender.”(*Eclesiastes 8:17*).

## RESUMO

### Disponibilidade de água no solo em sistemas silvipastoril com eucalipto em renque e pastagem

O objetivo deste trabalho foi avaliar a água em um Argissolo Vermelho distrófico latossólico com camada de areia franca (0-20 cm) sobre camada franca-arenosa (21-100 cm), em sistemas silvipastoril e pastagem, em Paranavaí, noroeste do Paraná. Doze determinações de água gravimétrica no solo foram realizadas em 2010 e 2011, dos 24 a 33 meses após plantio de pastagem com renques de fileiras duplas de eucalipto (3 m x 2 m) espaçadas em 21 m. Amostras de solo deformadas e indeformadas foram coletadas em camadas de 20 cm até a profundidade de 100 cm, a 2,5; 5 e 10 m de terraços em nível nos sistemas silvipastoril com eucalipto em renque de 8 a 11 m de altura (*Eucaliptus grandis*) e pastagem (*Cynodon nlemfuensis*). Amostras de solo indeformadas foram coletadas com três repetições para determinar a capacidade de campo, ponto de murcha permanente e densidade do solo. Os dados de água gravimétrica foram comparados entre as camadas dos sistemas silvipastoril e pastagem pelo Teste t e intervalo de confiança da média ( $P < 0.05$ ). No sistema silvipastoril a disponibilidade de água no solo diminuiu a 2,5 m do renque de eucalipto e na camada subsuperficial de textura média (21-80 cm) a 5 m do renque de eucalipto. A disponibilidade de água no solo aumenta na camada superficial areia franca (0-20 cm) equivalente à distância da altura de 10,0 m do renque de eucalipto.

**Palavras-chave:** Arenito Caiuá, forragem, produção de madeira, microclima, textura do solo.

## ABSTRACT

### **Availability of soil water in silvipastoral systems with eucalyptus in rank and pasture**

This work aimed to evaluate the water in Typic Paleudult with loam layer (0-20 cm) under sandy loam loam layer (21-100 cm) in silvipastoral and pasture systems in Paranaíba, northwest of Paraná, Brazil. Twelve gravimetric determinations of water in the work were carried out in 2010 and 2011, from 24 to 33 months after planting grass with rank of double rows of eucalyptus (3 m x 2 m) spaced 21 m. Disturbed and undisturbed soil samples were collected in layers of 20 cm to a depth of 100 cm, 2.5, 5 and 10 m from the level terrace in silvipastoral systems with eucalyptus in rank of 8 to 11 m height (*Eucalyptus grandis*) and pasture (*Cynodon nlemfuensis*). Undisturbed soil samples were collected with three replicates to determine field capacity, wilting point and bulk density. The gravimetric water data were compared between the layers of the silvipastoral and pasture systems by test confidence interval of the mean ( $P < 0.05$ ). In silvipastoral system, water availability in the soil decreases to 2.5 m from the rank of eucalyptus and in the profile layer of sandy loam (21-80 cm) from the 10.0 m of eucalyptus rank. The availability of soil water in the surface layer increases with the distance of the loam layer (0-20 cm) equivalent to distance the height of the rank of eucalyptus.

**Keywords:** Caiuá sandstone, forage, wood production, microclimate, soil texture.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Precipitação mensal de dezembro de 2009 a março de 2011, na Fazenda Santa Rita, Paranavaí, Noroeste de Paraná.....	23
FIGURA 2 - Densidade do solo do perfil estudado distanciado 2,5 m (A), 5,0 m (B) e 10,0 m (C) do renque em silvipastoril e do terraço na pastagem.....	25
FIGURA 3 - Disponibilidade de água em doze amostragens de solo coletadas nas camadas de 0-20, 21-40, 41-60, 61-80 e 81-100 cm para os sistemas silvipastoril e pastagem.....	26
FIGURA 4 - Armazenamento de água gravimétrica para sistemas silvipastoril e pastagem (A), distância dos terraços em nível (B) e camadas de solo (C).....	26
FIGURA 5 - Armazenamento de água gravimétrica para sistemas silvipastoril e pastagem distância do renque e terraços 2,5 m (A), 5,0 m (B) e 10,0 m (C).....	27
FIGURA 6 - Armazenamento de água gravimétrica no perfil do solo capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP) em camadas de 20 cm a 100 cm de profundidade, distanciado 2,5 m (A), 5,0 m (B) e 10,0 m (C) do renque em silvipastoril e do terraço na pastagem.....	28

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Valores médios, mínimos e máximos da temperatura do globo negro e do ar, da umidade relativa do ar, carga térmica radiante e velocidade do vento, nos sistemas silvipastoril e pastagem.....	24
TABELA 2 - Disponibilidade de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e fibra detergente neutro (FDN) de folha e colmo; relação folha:colmo (F:C); MS de material morto (MM) e oferta de forragem (OF), nos sistemas silvipastoril e pastagem.....	30
TABELA 3 - Inventário florestal de <i>Eucalyptus grandis</i> , aos 36 meses após plantio (julho/2008).	31
TABELA 4 - Granulometria, classes texturais do Argissolo Vermelho distrófico latossólico textura arenosa/média (julho/2010).....	34
TABELA 5 - Características químicas do Argissolo Vermelho distrófico latossólico textura arenosa/média (julho/2010).....	36
TABELA 6 - Precipitação pluvial de 12 amostragens de solo com as respectivas datas de amostragem de solo realizadas em três períodos em razão das precipitações pluviais.....	38

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	14
2.1 Sistema Silvipastoril. ....	14
2.2 Microclima. ....	15
2.3 Relação Água, Solo e Planta.....	19
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	22
3.1 Localização e Caracterização dos Sistemas. ....	22
3.2 Microclima e Precipitação Pluvial .....	23
3.3 Produção de Forragem.....	24
3.4 Produção Florestal.. ....	25
3.5 Solo .....	26
3.6 Avaliação da Água Gravimétrica e Disponibilidade de Água no Solo.....	27
3.7 Análises Estatísticas.....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1 Disponibilidade de Água Gravimétrica no Tempo e no Perfil Solo. ....	30
4.2 Efeitos Isolados de Sistema, Distancia do Renque e Camada do Solo.....	32
4.3 Interações Duplas entre Sistemas e Distâncias do Renque por Camada de Solo .....	35
4.4 Considerações Gerais .....	39
5 CONCLUSÕES .....	40
REFERÊNCIAS .....	41
APÊNDICES.....	47
Apêndice A - Figura - Sistemas Silvipastoril e Pastagem.....	48
Apêndice B - Figura - Sistema Silvipastoril.....	49
Apêndice C - Figura - Sistema Pastagem .....	50

## 1 INTRODUÇÃO

Na busca por sistemas de produção mais produtivos, capazes de contornar problemas adversos de solo e clima, pecuaristas e técnicos da região do noroeste do Paraná vêm introduzindo, em pequenas e médias propriedades, sistemas agrossilvipastoris, estruturados no consórcio de culturas anuais, forragem e espécies arbóreas de rápido crescimento.

A região Noroeste do Paraná abrange 107 municípios com 3,2 milhões de hectares, perfazendo 16% da área total do Estado (SÁ; CAVIGLIONE, 1999). A atividade agropecuária mais importante desta região é a criação de bovinos, constituindo-se na região pecuária mais importante do Estado. Entre 2003 e 2007, essa região representou cerca de 32% da produção de carne bovina e 10% da leite do Estado do Paraná, (SEAB, 2012a). A maioria das pastagens cultivadas na região Noroeste do Paraná é constituída por gramíneas perenes de verão, notadamente do *Urochloa ssp.*

O clima da região é subtropical, do tipo Cfa, segundo o sistema de classificação climática de Köppen, com temperatura média de 22°C, precipitação pluvial de 1.508 mm ano<sup>-1</sup> e evapotranspiração de 1.086 mm ano<sup>-1</sup> (EMBRAPA, 2012). As menores precipitações pluviais na região ocorrem nos meses de junho, julho e agosto, o que pode reduzir ou comprometer a produção vegetal nesse período.

Os solos dessa região, originários do arenito Caiuá, apresentam textura arenosa e média, são extremamente friáveis e, conseqüentemente, com alta suscetibilidade à erosão. Os teores de areia atingem 850 a 900 g kg<sup>-1</sup>, tornando a capacidade de troca de cátions dependente da matéria orgânica do solo (FASOLO et al., 1988).

O componente arbóreo no sistema agrossilvipastoril pode proporcionar benefícios ambientais, principalmente em termos de conservação do solo e da água e sequestro de carbono, além de benefícios econômicos, especialmente pela venda de madeira. A madeira representa o segundo produto de exportação no agronegócio do Paraná (SEAB, 2012b).

Especificamente na região Noroeste do Paraná, entre os anos de 1997 e 2007, houve aumento expressivo da produção de lenha e carvão, demonstrando o

alto potencial da região para produção madeireira (TETTO et al., 2009), a qual pode ser combinado com produção animal em sistemas silvipastoris (SILVA; MAZUCHOWSKI, 1999; RIBASKI et al., 2003).

O sistema silvipastoril adotado na região Noroeste do Paraná está baseado no plantio do componente arbóreo sobre os terraços (“curvas de nível”), formando renques em nível com linha simples ou linha dupla (NEPOMUCENO, 2009). Além disso, a criação de animais em sistemas arborizados (silvipastoris) proporciona melhoria no conforto térmico dos animais (SOUZA et al., 2010b), o que pode se refletir em ganhos de produtividade.

Uma das expectativas dos sistemas silvipastoris é que o efeito da sombra das árvores, além do conforto térmico proporcionado aos animais, seja capaz de reduzir a evapotranspiração, proporcionando maior disponibilidade de água às forrageiras, em períodos de baixa precipitação, em relação às áreas sem sombra (CARVALHO, 1997). Esses benefícios podem contribuir expressivamente para a sustentabilidade dos sistemas agropecuários da região do noroeste do Paraná.

Objetivou-se desta forma avaliar a disponibilidade da água em um Argissolo Vermelho distrófico latossólico textura arenosa (0-20 cm) e média (21-100 cm), em sistemas silvipastoril e pastagem, em Paranaíba, no noroeste do Paraná.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Sistema Silvipastoril

O sistema silvipastoril, uma modalidade dos sistemas agroflorestais, que consiste na técnica de produção com estrutura e interações planejadas, na qual intencionalmente se integram numa mesma área árvores, pastagem e animais que realizam o pastejo (GARCIA; COUTO, 1997). Tais sistemas representam uma forma de uso da terra onde atividades silviculturais e pecuárias são combinadas para gerar produção de forma complementar pela interação dos seus componentes.

Os sistemas agroflorestais representam uma proposta integrada de uso das terras que implicam no entrelaçamento de fatores ecológicos, sociais e econômicos, de modo que a estabilidade, a sustentabilidade e a equidade na produção possam ser alcançadas (ALTIERI, 1989).

Os sistemas silvipastoris exploram eficientemente os recursos naturais, reduzem o processo erosivo, melhoram a estrutura do solo e equilibram a atividade dos microorganismos, promovem a formação de pastagens de melhor qualidade, além de proporcionar ambiência animal em função do sombreamento das pastagens. Também servem como barreira contra os ventos, diminuindo o estresse térmico e melhorando o desempenho animal e a demanda evaporativa das plantas herbáceas dos sub-bosques em relação às variações microclimáticas (CASTRO et al., 2008).

Outro benefício às pastagens e aos animais, nos sistemas silvipastoris, é um microclima que promove o conforto térmico para os animais e favorece o desenvolvimento da pastagem, onde as árvores são utilizadas para fornecer sombra e funcionam como quebra-vento (WILSON, 1998; CARVALHO et al., 1999).

Estudo realizado por Andrade et al (2003) na região dos Cerrados de Minas Gerais, visando avaliar o desempenho de seis gramíneas forrageiras conclui que as gramíneas *U. brizantha* cv. Marandu, *U. decumbens* cv. Basilisk e *P. maximum* cv. Mombaça apresentam boa capacidade produtiva, constituindo boas opções para compor sistemas silvipastoris na região dos Cerrados.

Em trabalho conduzido na região Noroeste do Estado do Paraná, por Menarim Filho (2007), em áreas com pastagens de *Urochloa brizanta* Stapf. cv Marandu e em pastagens de *Cynodon nlemfuensis* Vanderyst (*Cynodon*) conclui que

associação de renques de eucalipto a pastagens de *Cynodon* melhora a qualidade nutricional da forragem e cria condições climáticas mais favoráveis a desenvolvimento animal, porém se faz necessário atentar para os espaçamentos utilizados entre os renques, para evitar desta forma a competição entre a gramínea e os renques de eucalipto.

A variação da digestibilidade (DIVMS) da *Urochloa* e do *Cynodon*, dentro e fora dos sistemas silvipastoris, demonstrou que a relação entre o conjunto de variáveis, que determina esta característica nutricional, é influenciada pela presença das árvores. A formação de sistemas silvipastoris com menores espaçamentos entre os renques de eucalipto é de interesse para a produção de forragem com maior teor de proteína bruta. No entanto, pode diminuir a produção de matéria seca.

Estudando experiências bem sucedidas no Noroeste do Paraná envolvendo a associação de eucalipto (*Corymbia citriodora*) com a braquiária (*Urochloa brizantha*) Ribaski et al. (2003), concluiu que a presença do componente arbóreo, no sistema silvipastoril, influenciou a disponibilidade de matéria seca e a qualidade da forragem produzida. Nos locais mais próximos das árvores a produção de biomassa forrageira foi reduzida, porém apresentou melhor qualidade em termos nutricionais, em função do aumento dos teores de nitrogênio na matéria seca. Dessa forma, o sistema silvipastoril composto pela braquiária e pelo eucalipto mostrou-se potencialmente viável. Principalmente, em função de não apresentar diferença na quantidade de nitrogênio  $\text{ha}^{-1}$  (proteína bruta) disponível para os animais, em relação à testemunha (pastagem sem árvores) e pelo adicional de madeira produzido na área ( $204 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ).

Nos sistemas silvipastoris ocorre a diminuição da demanda evaporativa das plantas herbáceas do sub-bosque em face das variações microclimáticas e da velocidade dos ventos. Em épocas críticas, o solo apresenta um maior teor de umidade sob as árvores do que quando exposto diretamente ao sol e ao vento, contribuindo para melhorar o desempenho das pastagens (ANDERSON et al., 1988).

Por outro lado, devido a sua posição no estrato superior, a árvore tem uma demanda evaporativa que excede a da pastagem. Contudo, o acesso das raízes às camadas mais profundas do solo parece compensar a competição por água (CONNOR, 1983). De acordo com Paciullo et al. (2007), os sistemas silvipastoris também conhecidos como sistemas agroflorestais secundários, podem

ser uma forma adequada na busca em aliar produção e conservação ambiental nos, quais deve haver tanto melhorias ambientais como resultado econômico.

Para isso, torna-se necessário conhecer as interações existentes entre os componentes, principalmente no que diz respeito aos diferentes níveis de requerimento e utilização dos fatores naturais de produção, destacando-se luz, água e nutrientes (PEREIRA; REZENDE, 1997).

Além disso, estes sistemas apresentam inúmeras possibilidades de utilização de diferentes espécies e arranjos, cada um resultando em um conjunto diferente de interações entre seus componentes. Essas interações são também fortemente influenciadas pelas condições ambientais do local (clima e solo). De acordo com Nair (1993), a complexidade e a longa duração dos sistemas agroflorestais tornam difíceis às investigações dos mecanismos e processos, sendo que, sem o conhecimento a respeito desses mecanismos, é impossível generalizar e extrapolar os resultados de um estudo para diferentes condições.

## **2.2 Microclima**

Em trabalho realizado em Paranaíba, no Noroeste do Paraná para verificar se a presença de árvores e sua altura em sistemas silvipastoris formados com eucalipto plantados em renques poderiam alterar o microclima e melhorar o ambiente para a criação de bovinos durante o dia no verão Souza et al. (2010a), concluíram que a presença de árvores é um eficiente meio para proporcionar uma melhora nas condições ambientais mas não proporcional à altura das árvores.

Em experimento realizado em Nova Odessa, Estado de São Paulo em talhão de pinus desbastado com densidade de 200 árvores ha<sup>-1</sup> e 400 árvores ha<sup>-1</sup> e pastagens a pleno sol, Gutmanis (2004) observou que quanto maior a densidade de árvores, menor a quantidade de radiação solar que chega até os capins e conseqüentemente menores temperaturas do ar e do solo e maior umidade (água) do solo.

A presença do componente arbóreo repercute sobre o balanço hídrico do solo, contribuindo para a manutenção da água disponível para as plantas sob a área de influência das copas das árvores. Após a chuva, a água do solo reduz mais lentamente à sombra do que em condições de sol pleno, pois a sombra de árvores, ao reduzir a temperatura do solo diminui a taxa de evapotranspiração. Essa

mudança é importante na redução do déficit hídrico, principalmente em regiões de temperaturas mais elevadas. A manutenção de níveis mais adequados de água no solo por um maior período de tempo contribui para o crescimento das gramíneas, também favorecendo a atividade microbiana na serrapilheira e no solo. Com a diminuição da água do solo a atividade microbiana e a mineralização do nitrogênio decrescem, isto ocorre porque os microorganismos do solo se concentram na película de água localizada entre as suas partículas, assim sendo a densidade microbiana depende diretamente da umidade do solo (PACIULLO; CASTRO, 2009).

Em estudo realizado por Baliscei (2011) constatou que o sistema silvipastoril reduziu a temperatura do globo negro e a velocidade do vento, mostrando eficiência em proporcionar ambiente com maior conforto térmico para os animais.

O microclima criado dentro dos sistemas agroflorestais contribui para o conforto térmico animal melhorando a sua taxa diária de ganho de peso, preserva o solo por meio da ciclagem de nutrientes e adição de matéria orgânica e ainda influencia o crescimento dos vegetais do sub-bosque. Este microclima é criado porque o componente arbóreo modifica as condições de temperatura, de luz, de umidade do ar e de vento dentro do sistema (SILVA, 1998).

O vento transporta massas de ar de uma região para outra e, assim, afeta a demanda atmosférica de água. Quando uma massa de ar úmida e fria é repostada por uma massa de ar seca e quente, novas quantidades de vapor podem ser absorvidas pelo ar e, como consequência, o processo de evaporação se intensifica. Por outro lado, a entrada de massa de ar úmida pode reduzir sensivelmente a quantidade de água perdida por evaporação. Por isso, o efeito do vento sobre a evaporação é difícil de ser quantificado. Normalmente, medidas de vento incluem apenas seu módulo (velocidade, em  $m\ s^{-1}$  ou  $km\ h^{-1}$ ), direção e sentido, não sendo especificadas as condições de umidade do ar em movimento. De uma maneira geral, porém, pode-se dizer que quanto mais vento, maior a quantidade de água evaporada (REICHARDT, 1990).

A utilização de cinturões protetores na Nova Zelândia, formados por grandes extensões de várias linhas de árvores ou arbustos plantados perpendicularmente à direção dos ventos predominantes, promove maior disponibilidade de água no solo em sistema silvipastoril, quando comparadas com pastagens (GREGORY, 1995).

Em um levantamento realizado por May et al. (1985), verificou-se que a pastagem, sob a palmeira babaçu (*Orbignia phalerata*), retém mais umidade e produz mais que em condições de céu aberto. Nestas condições deve-se considerar também a possibilidade da pastagem, bem adaptada às condições de estrato inferior, competir com vantagem nos períodos de déficit hídrico (FRANKE; FURTADO, 2001).

Em levantamento realizado no noroeste do Paraná por Silva (1998), verificou-se uma redução na velocidade do vento de 26% no inverno e de 61% no verão, quando comparou em sistemas silvipastoris formados por renques nivelados de *Grevillea robusta* consorciada com *Urochloa brizantha* em relação à pastagem a pleno sol.

Avaliando o efeito do plantio de árvores em faixas, em pastagem, no Ceará, região semi-árida, Frota (1989), constatou que o uso de quebra-vento da vegetação de caatinga reduziu a velocidade do vento, principalmente nas áreas próximas ao quebra-vento. Como uma consequência da evaporação, causando um aumento da umidade do solo.

Na região Noroeste do Estado do Paraná, trabalho realizado por Menarim Filho (2007) em sistemas silvipastoril formado com *Eucaliptus ssp* em renques, verificou que no verão, a velocidade máxima a pleno sol às 10:00 h atingiu a velocidade de  $12,5 \text{ m s}^{-1}$ , horário este com registro de maiores velocidades, ao passo que se registrou a velocidade de  $8,6 \text{ m s}^{-1}$  sob copas e  $7,3 \text{ m s}^{-1}$  entre os renques, esta diferença foi 31,2% menor sob as copas e 41,6% entre os renques, em relação ao pleno sol.

Na região de Paranavai, Souza et al. (2010a) trabalharam com sistema silvipastoril, comparando diferentes altura de renques de eucalipto, verificaram que a velocidade do vento diminuiu em todas as alturas.

A parte aérea das árvores (copa e fuste) pode constituir-se em proteção física para a pastagem, reduzindo a velocidade dos ventos e o impacto da chuva sobre a superfície do solo. A redução na velocidade dos ventos diminui as perdas diretas no solo e também a evaporação da umidade do solo (FRANKE; FURTADO, 2001).

### 2.3 Relação Água, Solo e Planta

Segundo critérios estabelecidos classicamente, a água disponível foi definida como sendo o intervalo de água no solo compreendido entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente, respectivamente limites superior e inferior de disponibilidade de água no solo para as plantas. Reichardt (1978) afirma que toda vez que o fluxo de água do solo para a raiz for de uma intensidade tal que supere a demanda de água da planta e da atmosfera, a água é disponível.

As trocas de água no sistema solo-planta-atmosfera são dirigidas por uma série de processos que se inter-relacionam. Nas espécies vegetais as perdas de água pelo processo de transpiração são regidas, principalmente, pela demanda climática, mecanismos fisiológicos, estrutura do dossel, disponibilidade de água no solo e resistências encontradas no sistema solo-planta-atmosfera (LEITE, 1996).

O conhecimento da variação de água no solo é importante por algumas razões como, permitir a comparação dos efeitos de diferentes espécies de plantas, como é o caso do eucalipto, sobre a água contida no solo e subsolo; fornece informações sobre a transpiração e evaporação de diferentes vegetais e solos, respectivamente, pois a maior parte da água que é retirada para a transpiração, vem das camadas de solo mais próximas à superfície (HARR; PRICE, 1972; TALSMAN; GARDNER, 1986).

A água que a planta retira do solo é, principalmente, função da estrutura do sistema radicular dentro do perfil de solo, pois sabe-se que raízes finas são bem mais eficientes na retirada de nutrientes e água do solo. O crescimento do sistema radicular é determinado, principalmente, pelas condições ambientais tais como disponibilidade hídrica, saldo de radiação, características do solo, dentre outras (LIMA, 1996).

Como resultado da absorção de água pelas raízes finas, um gradiente de potencial acaba por se desenvolver entre a região imediatamente ao redor dessas raízes e as demais partes do perfil do solo, induzindo desta forma a difusão da água do solo em direção às raízes finas (LIMA, 1996). À medida que o solo se torna mais seco, esse fluxo de água começa a se tornar mais difícil, e a retirada de água pela transpiração das plantas tende a diminuir continuamente.

Portanto, as raízes são as principais vias de saída de água do solo para a atmosfera dentro de uma determinada cultura. A profundidade do sistema

radicular, principalmente a distribuição das raízes finas no perfil do solo, é muito importante, pois, é aí que será determinado até que profundidade as plantas serão capazes de captar água suficiente para seu pleno desenvolvimento. Vale ressaltar que, para a planta ter uma boa eficiência na retirada de água do solo não basta apenas ter disponibilidade de água, mas também, um sistema radicular bem formado é importante para que a planta capture, de forma eficiente, água e nutrientes para o seu bom desenvolvimento (LIMA, 1996).

O sistema radicular de *Panicum maximum* em Argissolo Vermelho distrófico no noroeste do Paraná se desenvolve principalmente na camada de 0-10 cm (60%), seguida da camada de 10-20 cm (25%) (SARMENTO et al., 2008; COSTA et al., 2012). De modo similar, ocorre com as plantas arbóreas, como as laranjeiras em Latossolo Vermelho distrófico (AULER et al., 2011). O maior desenvolvimento das raízes ocorre na camada superficial com predominância de textura arenosa (SARMENTO et al., 2008; AULER et al., 2011; COSTA et al., 2012). Esta camada caracteriza-se pela menor disponibilidade de água para as plantas (FIDALSKI et al., 2008a).

Avaliando a transferência de água do solo para a atmosfera no estágio inicial de crescimento do eucalipto, Sacramento Neto (2001) através de medições de campo, das distribuições de raízes por camada do perfil do solo, a resistência do dossel à transferência de água via radicular e a altura e diâmetro das árvores constatou que a camada de solo compreendida entre 0 e 45 cm tem a maior contribuição na transferência de água do solo para a atmosfera via raízes, sendo responsável, em média, por 78,4% do total transpirado pela planta, a partir da determinação da taxa de água da chuva interceptada pelo dossel e pela serrapilheira; calibração do modelo de Penman-Monteith para a estimativa da evapotranspiração em plantios de eucalipto.

As árvores podem contribuir para o controle da erosão eólica e hídrica por meio da sua ação como quebra-ventos que reduz a dessecação da cobertura vegetal do solo, diminuindo as perdas indiretas de água no sistema e reduz a evaporação da água do solo (PACIULLO; CASTRO, 2009).

Em estudo procurando caracterizar as condições edáficas, a distribuição das raízes da gramínea no perfil do solo, e a produção de biomassa em um sistema agrossilvipastoril, localizado no município de Paracatu, Minas Gerais Andrade (2000), concluiu que a maior parte das raízes do capim-tanzânia estava

concentrada nos 15 cm do solo, sendo constatada a sua presença, em pequena quantidade, até os 60 cm, correspondente a maior profundidade avaliada.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e Caracterização dos Sistemas

Este trabalho foi realizado na Fazenda Santa Rita, no município de Paranavaí, região Noroeste do Estado do Paraná (Coordenada 22°44', latitude sul e 52°28', longitude oeste e altitude de 453 m) (Apêndice A, B, C), pertencente da bacia do rio Paranapanema. A classificação do clima de acordo com Köppen é do tipo Cfa (subtropical úmido mesotérmico), caracterizado por apresentar verões quentes e geadas pouco frequentes, com tendência à concentração das chuvas nos meses de verão, sem estação seca definida (CAVIGLIONE et al., 2000).

Os sistemas silvipastoril e pastagem foram implantados em 2009, após a reforma de uma pastagem de braquiária (*Urochloa brizantha*) infestada por “grama mato-grosso” ou “grama batatais” (*Paspalum notatum*).

A reforma da pastagem iniciou 2008 com o cultivo de dois ciclos de mandioca (*Manihot esculenta*), conforme metodologia de recuperação de pastagem desenvolvida para o Noroeste do Paraná (MARUN; MELLA, 1997). Paralelamente ao plantio de mandioca, plantou-se mudas eucalipto (*Eucalyptus grandis*), produzidas a partir de sementes, sobre os terraços em nível, formando renques de fileira dupla no espaçamento 3 x 2 m e distância média de 21 m entre renques, com densidade média de 472 árvores ha<sup>-1</sup>. Durante o cultivo de mandioca, plantio a colheita, as árvores de eucalipto atingiram 4 m de altura média, evitando que os animais danificassem as árvores de eucalipto durante pastejo a partir de 2009.

Em 2009 foi plantada mudas de grama estrela (*Cynodon nlemfuensis*) para a formação de pastagem.

As determinações de água no solo foram realizadas de julho de 2010 a março de 2011, correspondendo aos 24 e 33 meses do plantio das mudas de eucalipto e da reforma da pastagem.

### 3.2 Microclima e Precipitação Pluvial

O microclima dos sistemas silvipastoril e pastagem foi avaliado paralelamente às amostragens de solo deste trabalho, durante 15 dias nos meses de junho e setembro de 2010.

Não houve diferenças entre os sistemas silvipastoris e pastagem para as variáveis ambientais (temperatura do globo negro e do ar, da umidade relativa do ar e carga térmica radiante), e a velocidade do vento foi maior no sistema pastagem do que no sistema silvipastoril (Tabela 1). Essa caracterização dos dois sistemas estão de acordo com Soares et al. (2009) e Silva (1998), que também obtiveram diminuição da velocidade do vento no interior do sistema silvipastoril em comparação com o sistema pastagem.

TABELA 1 - Valores médios, mínimos e máximos da temperatura do globo negro e do ar, da umidade relativa do ar, carga térmica radiante e velocidade do vento, nos sistemas silvipastoril e pastagem.

Variáveis ambientais	Sistema silvipastoril			Sistema pastagem		
	média	mínima	máxima	média	mínima	máxima
Temperatura do globo negro (°C)						
Verão	30,7	21,7	40,7	32,9	22,3	47,3
Inverno	23,2	13,8	36,3	23,7	13,0	34,5
Temperatura do ar (°C)						
Verão	29,2	24,4	34,6	29,3	24,3	36,4
Inverno	22,2	15,5	29,1	22,3	15,8	28,6
Umidade relativa do ar (%)						
Verão	71,9	47,7	89,8	71,6	47,0	89,0
Inverno	65,2	40,7	86,0	64,5	40,7	86,3
Carga térmica radiante (W m <sup>-2</sup> )						
Verão	521,0	365,9	920,3	626,8	371,3	947,4
Inverno	476,0	345,7	695,0	513,1	302,4	872,6
Velocidade do vento (m s <sup>-1</sup> )						
Verão	1,9	0,5	4,7	3,1	1,2	6,4
Inverno	3,8	2,4	6,6	5,7	1,8	9,5

Fonte: Baliscei (2011).

Os dados de precipitação pluvial foram registrados em pluviômetros instalados na propriedade (Figura 1). Essas precipitações representam a distribuição pluvial da região do noroeste do Paraná (CAVIGLIONE et al., 2000).

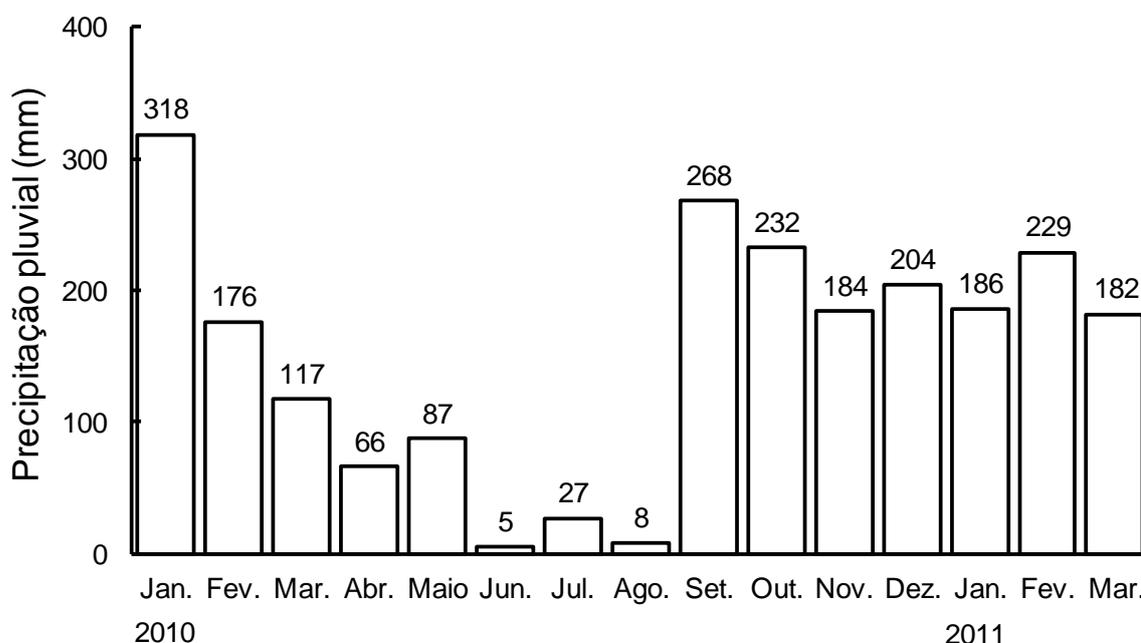


FIGURA 1 – Precipitação mensal de janeiro de 2010 a março de 2011, na Fazenda Santa Rita, Paranavaí, Noroeste do Paraná.

Fonte: O autor.

### 3.3 Produção de Forragem

Para a disponibilidade de forragem foi efetuada avaliação antes da entrada dos animais pela metodologia de dupla amostragem proposta por Wilm et al. (1944), e a oferta de forragem foi determinada como a fração entre a forragem disponível e a carga animal média em cada data de avaliação de comportamento e expressa em  $\text{kg ha}^{-1}$ , massa seca  $\text{kg}^{-1}$ , peso vivo  $\text{dia}^{-1}$  (SOLLENBERG et al., 2005). As análises bromatológicas, as frações lâmina foliar e colmo com bainha verde foram moídas em moinho do tipo Willey com peneira de 1 mm e, posteriormente, foram analisados os teores de matéria seca em estufa a  $105^{\circ}\text{C}$ , proteína bruta pelo

método da Association of Official Analytical Chemists (1990) e fibra em detergente neutro pelo método de partição de fibras, proposta por Van Soest et al. (1991).

A disponibilidade de matéria seca de folhas com 1.757; 1.376; 223; 357 kg ha<sup>-1</sup>; e colmo com 4.876; 3.793; 1.006 e 1.383 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para verão, inverno, nos sistemas silvipastoril e pastagem (Tabela 2).

No verão, em função do peso vivo médio dos novilhos com 208 kg, ocorreu uma oferta adequada de folhas com 17,43% no sistema silvipastoril e 13,65% no sistema pastagem, porém limitante no inverno com peso vivo de 309 kg e oferta de 2,00% no sistema silvipastoril e de 3,20% no sistema pastagem, pois, segundo Hodgson (1990), a oferta de duas a três vezes a necessidade diária do animal (10 a 12% do peso vivo) permitiria o máximo de desempenho de animais em pastejo. A relação folha: colmo no verão com 0,36:1,00 tanto para nos sistemas silvipastoril e pastagem e no inverno com 0,22:1,00 e 0,26:1,00 mostra ser baixa com acúmulo de matéria morta no inverno com 4.282 e 2.321 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para os sistemas sistema silvipastoril e pastagem.

TABELA 2 - Disponibilidade de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e fibra detergente neutro (FDN) de folha e colmo; relação folha:colmo (F:C); MS de material morto (MM) e oferta de forragem (OF), nos sistemas silvipastoril e pastagem.

Sistema	Folha			Colmo			Relação F:C	MM MS (kg ha <sup>-1</sup> )	OF %
	MS (kg ha <sup>-1</sup> )	PB (%)	FDN (%)	MS (kg ha <sup>-1</sup> )	PB (%)	FDN (%)			
Verão									
Silvipastoril	1757	13,28	72,56	4876	5,32	74,29	0,36:1,00	1408	17,43
Pastagem	1376	13,72	71,84	3793	4,97	79,13	0,36:1,00	2434	13,65
Inverno									
Silvipastoril	223	15,76	68,32	1006	4,27	82,69	0,22:1,00	4282	2,00
Pastagem	357	14,52	68,85	1383	3,83	80,62	0,26:1,00	2321	3,20

Fonte: Baliscei (2011).

### 3.4 Produção Florestal

No início do período de avaliação, em julho de 2010, as árvores de eucalipto tinham dois anos de implantação e uma altura média de 8 m.

Em julho de 2011, o inventário florestal foi realizado tipo censo, com a medida da circunferência na altura do peito (1,30 m do solo) e altura de todos os indivíduos do sistema silvipastoril da área correspondente às amostragens de solo

deformadas. Para a medição da circunferência a altura do peito foi utilizada uma trena métrica e para a altura um Hipsómetro “Carl Leiss”(IMAÑA ENCINAS, 2002).

TABELA 3 - Inventário florestal de *Eucalyptus grandis*, aos 36 meses após plantio (julho/2008).

Densidade de plantas		Falha	Altura média	Diâmetro médio	Volume madeira		Incremento médio anual
Plantio	Julho/2011				árvore	ha	
Plantas ha <sup>-1</sup>		%	m		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>
472	395	16	11,02	0,171628	0,122441	48,36	16,12

Nota: O autor.

### 3.5 Solo

No início deste trabalho, em julho de 2010, foram abertas trincheiras e coletadas amostras de solo deformadas nas camadas de 0-20; 21-40; 41-60; 61-80 e 81-100 cm para a identificação dos horizontes e caracterização da classe de solo Fasolo et al. (1988); Santos et al. (2006); Santos et al. (2005), nas áreas dos sistemas silvipastoril e pastagem. As amostras de solo foram submetidas às determinações granulométrica do solo (argila, silte e areia fina e grossa) segundo Embrapa (1997) e química (RAIJ et al., 2001), sendo os resultados apresentados nas tabelas 4 e 5, respectivamente. Os solos das áreas de trabalho são Argissolos Vermelhos distróficos latossólico textura arenosa/média (SANTOS et al., 2006), relevo plano a suave-ondulado.

TABELA 4 - Granulometria, classes texturais do Argissolo Vermelho distrófico latossólico textura arenosa/média (julho/2010).

Camada (cm)	Argila	Silte	Areia		Total	Classe
			grossa	fina		
(g kg <sup>-1</sup> )						
Sistema silvipastoril						
0-20	135	45	29	53	820	arenosa
21-40	160	128	18	53	712	média
41-60	241	53	19	52	706	média
61-80	216	80	22	49	704	média
81-100	205	95	34	36	700	média
Sistema pastagem						
0-20	118	81	28	52	801	arenosa
21-40	184	27	15	64	789	média
41-60	252	34	28	44	714	média
61-80	258	33	32	39	709	média
81-100	266	15	31	41	719	média

Nota: O autor.

A fertilidade dos dois sistemas é baixa e corresponde aos padrões de fertilidade dos solos agrícolas descritos por Fidalski (1997).

TABELA 5 - Características químicas do Argissolo Vermelho distrófico latossólico textura arenosa/média (julho/2010).

Camada (cm)	pH CaCl <sub>2</sub>	M.O. g dm <sup>-3</sup>	P <sup>(1)</sup> g kg <sup>-1</sup>	H+Al -----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	K -----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Ca -----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mg -----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	V %
Sistema silvipastoril								
0-20	4,8	25	4	27	0,7	8	9	39
21-40	4,2	17	3	39	0,4	8	5	26
41-60	4,2	12	2	33	0,6	14	5	36
61-80	4,1	11	1	33	0,4	6	4	24
81-100	4,0	10	1	35	0,3	5	3	20
Sistema pastagem								
0-20	4,9	17	6	23	1,6	7	7	40
21-40	4,1	16	5	31	0,6	19	13	51
41-60	4,0	14	6	33	0,4	8	6	30
61-80	4,0	12	7	28	0,4	7	5	30
81-100	3,9	11	2	33	0,5	6	4	25

<sup>(1)</sup>Método da resina.

Nota: O autor.

### 3.6 Avaliação da Água Gravimétrica e Disponibilidade de Água no Solo

Foram realizadas doze coletas de amostras deformadas de solo para determinar a água no solo, no período de 21 de julho de 2010 a 26 de março de 2011, em três períodos com diferentes precipitações pluviais (Tabela 6). Durante o primeiro período de amostragem de solo (01/06/2010 a 12/08/2010), a precipitação acumulada foi de 40 mm; no segundo período de amostragem de solo (01/10/2010 a 14/11/2010) a precipitação acumulada foi de 275 mm; e no o terceiro período de amostragem de (01/01/2011 a 26/03/2011) a precipitação acumulada foi de 529 mm.

TABELA 6 - Precipitação pluvial de 12 amostragens de solo com as respectivas datas de amostragem de solo realizadas em três períodos em razão das precipitações pluviais.

Amostragem de solo		Precipitação pluvial
(ordem)	(data)	(mm)
1° Período de amostragem de solo		
1 <sup>a</sup>	21/07/2010	32 <sup>(1)</sup>
2 <sup>a</sup>	24/07/2010	0
3 <sup>a</sup>	29/07/2010	0
4 <sup>a</sup>	05/08/2010	8
5 <sup>a</sup>	12/08/2010	-
2° Período de amostragem de solo		
6 <sup>a</sup>	02/11/2010	232 <sup>(2)</sup>
7 <sup>a</sup>	14/11/2010	43
3° Período de amostragem de solo		
8 <sup>a</sup>	28/01/2011	186 <sup>(3)</sup>
9 <sup>a</sup>	15/02/2011	211
10 <sup>a</sup>	08/03/2011	56
11 <sup>a</sup>	21/03/2011	76
12 <sup>a</sup>	26/03/2011	-

Precipitações pluviais acumuladas: <sup>(1)</sup> 01/06/2010 a 20/07/2010, <sup>(2)</sup> 01/10/2010 a 01/11/2010 e <sup>(3)</sup> 01/01/2011 a 27/01/2011.

Nota: O autor.

Para cada uma das 12 épocas de amostragens de solo realizada nos sistemas silvipastoril e pastagem foram definidas três espaçamentos abaixo de terraços em nível (2,5; 5,0 e 10,0 m), sendo que no sistema silvipastoril o espaçamento foi a partir do renque de eucalipto. Em cada uma das distâncias foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-20; 21-40; 41-60; 61-80 e 81-100 cm. Este procedimento foi realizado com três repetições em cada uma das amostragens de solo, resultando em 45 amostras de solo por sistema, totalizando 1080 amostras de solo.

A amostra deformada foi retirada com auxílio de trado de caneca, em seguida acondicionado em vidro com tampa de 200 ml, hermeticamente fechado a fim de não perder água. No laboratório, obteve-se os valores de água no solo pelo método gravimétrico (Água), a partir da determinação da massa de solo úmido ( $m_u$ ) e da massa de solo seco ( $m_s$ ) em estufa a 105 °C por 48 h, utilizando-se a seguinte equação: {Água (%) =  $[(m_u - m_s) \times 100] / m_s$ } (EMBRAPA, 1997).

Amostras de solo indeformadas foram coletadas no início do trabalho, com cilindros em aço, com dimensões de 5 cm de altura e 5 cm de diâmetro, as quais foram retiradas do solo com o auxílio de um extrator de cilindros, em cada uma das distância e camadas de solo do sistema silvipastoril e pastagem, totalizando 30 amostras de solo. No laboratório foram realizadas as determinações de água correspondente a capacidade de campo (-80 cm de coluna de água ou -0,008 MPa) em mesa de tensão Embrapa, (1997), e o ponto de murcha permanente (-15.000 cm de coluna de água ou -1,5 MPa) em psicrômetro (KLEIN et al., 2010). Os valores de água na capacidade de campo e ponto de murcha permanente foram tabulados em valores médios para as cinco camadas de solo. Em seguida, essas amostras de solo foram secadas em estufa a 105°C por 48 horas para obter a massa seca de solo e calcular a densidade (EMBRAPA, 1997).

### **3.7 Análises Estatísticas**

Este trabalho consistiu da comparação da água no solo entre as camadas de solo de dois sistemas (silvipastoril e pastagem) em diferentes distância do renque de eucalipto e de terraço na pastagem, sem delineamento experimental, similar à metodologia utilizada por Negro (2003).

Os dados originais da variável água gravimétrica do solo foram comparados estatisticamente pelo Teste t ( $P < 0,05$ ). O Teste t torna-se confiável para grupos com distribuições normais. Para grupos com número de amostras alto e, principalmente, quando o número de graus de liberdade é superior a 30, a distribuição é aproximadamente normal (COSTA, 2003). O número mínimo de amostras utilizado neste trabalho foi de dois conjuntos de 36 amostras de solo do sistema silvipastoril e pastagem para a mesma camada de solo e distância do terraço, resultando em 71 graus de liberdade. Quando a comparação envolveu conjunto de mais de dois valores (água no ponto de murcha permanente, água no sistema silvipastoril, água no sistema pastagem e água na capacidade de campo) foi utilizado o intervalo de confiança da média (PIMENTEL; GOMES, 1990).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferenças para a densidade do solo entre os sistemas silvipastoril e pastagem, com densidade média de  $1,70 \text{ kg dm}^{-3}$  (Figura 2). Esse valor de densidade do solo corresponde ao valor encontrado em solo similar com a mesma pastagem (*Cynodon nlemfuensis*) por Fidalski et al. (2008a).

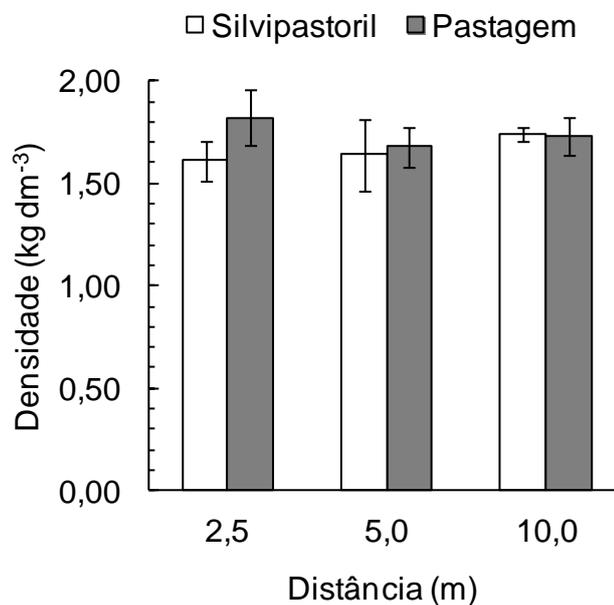


FIGURA 2 - Densidade do solo média das camadas de 0-20, 21-40, 41-60, 61-80 e 81-100 cm, nas distâncias de 2,5 m (A), 5,0 m (B) e 10,0 m (C) do renque em silvipastoril e do terraço na pastagem. As barras verticais correspondem ao intervalo de confiança da média ( $P < 0,05$ ).

### 4.1 Disponibilidade de Água Gravimétrica no Tempo e no Perfil do Solo

A disponibilidade média de água gravimétrica no solo das 12 amostragens de solo caracterizaram um ciclo de molhamento e secamento do solo entre 21/07/2010 e 26/03/2011 (Figura 3), compatível com as precipitações pluviárias ocorridas neste período (Tabela 6; Figura 1).

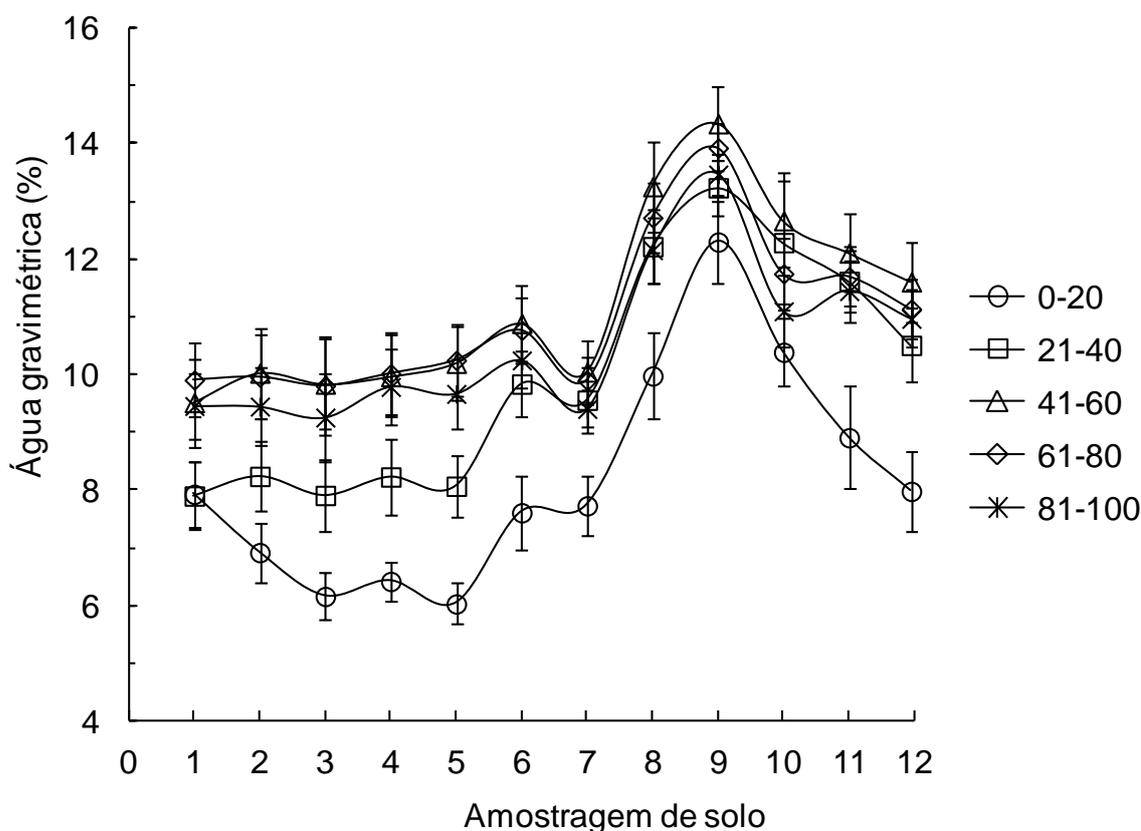


FIGURA 3 - Disponibilidade de água em doze amostragens de solo coletadas nas camadas de 0-20, 21-40, 41-60, 61-80 e 81-100 cm para os sistemas silvipastoril e pastagem. As barras verticais correspondem ao intervalo de confiança da média ( $P < 0,05$ ).

As doze coletas de amostras deformadas de solo para determinar a água no solo, no período de 21 de julho de 2010 a 26 de março de 2011, consistiu de três períodos com diferentes precipitações pluviométricas (Tabela 6). O primeiro período de amostragem de solo (01/06/2010 a 12/08/2010), corresponde as amostragens de 1 a 5, a precipitação acumulada foi de 40 mm, considerado um período seco, com leve déficit hídrico; o segundo período de amostragem de solo (01/10/2010 a 14/11/2010), corresponde as amostragens de 6 a 7 a precipitação acumulada foi de 275 mm, considerado um período com boa precipitação e início do período vegetativo; e o terceiro período de amostragem de (01/01/2011 a 26/03/2011), corresponde as amostragens de 8 a 12 com a precipitação acumulada de 529 mm considerado um período com boa precipitação.

Apesar da maior precipitação acumulada no segundo período, nas amostragens 6 e 7, que coincidiu com o período de maiores precipitações na região noroeste do Paraná por Caviglione et al. (2000), não houve aumento em relação ao

primeiro e terceiro período, provavelmente em razão da maior evapotranspiração que ocorre na primavera, descrita por Sacramento Neto (2001).

A disponibilidade de água nesse solo foi menor na camada arenosa a 0-20 cm, e em textura média, intermediária a 21-40 cm e maior na camada de 41-100 cm (Tabela 4; Figura 3). As disponibilidades de água no solo se diferenciaram entre as camadas 0-20; 21-40 e 41-100 cm, a exceção da amostragem de solo 1, 9 e 10. O decréscimo da disponibilidade água desses solos a 1 m de profundidade também foi verificada por Fidalski et al. (2006) em pomar de laranja, que descreveu a retenção de água pelas curvas de retenção de água do solo para diferentes teores de argila do perfil de um solo similar.

#### **4.2 Efeitos Isolados de Sistema, Distância do Renque e Camada do Solo**

No sistema silvipastoril, a disponibilidade de água no solo diminui no sistema silvipastoril, independentemente das doze amostragens e das cinco camadas de solo (Figura 4A). Nesse sistema, a disponibilidade de água no solo também diminui nas distâncias de 2,5 e 5,0 m dos terraços em nível, independentemente das doze amostragens e das cinco camadas de solo (Figura 4B). Esses resultados confirmam que o sistema silvipastoril aumenta a competição pela água do solo a 5,0 m de distância das árvores de eucalipto, atribuída por Lima (1996) a demanda de água do solo devido ao crescimento muito acelerado das árvores de eucalipto.

Contudo, a disponibilidade de água no solo aumentou no sistema silvipastoril na camada de 0-20 cm, independentemente das doze amostragens de solo e das três distâncias dos terraços (Figura 4C). A maior disponibilidade de água na camada do solo de 0-20 cm no sistema silvipastoril corrobora aos resultados obtidos por Wilson (1990), o qual justifica aos efeitos combinados de menor evaporação do solo e menores taxas de transpiração do pasto com árvores do que pastagem sem arborização. Gutmanis (2004) verificou o aumento da disponibilidade de água no solo em razão da densidade de árvores em sistema silvipastoril, comparada à pastagem. Quanto a distância dos renques de árvores de eucalipto, Macedo et al. (2006) constataram a redução da produção de milho em sistema silviagrícola. Já o aumento de água na camada superficial do sistema silvipastoril, mesmo com a maior concentração de raízes de eucalipto nesta camada Witschoreck

et al. (2003), se deve a característica desta espécie depender da água de profundidade superior a 45 cm Leite et al. (1999) e a melhoria do microclima Souza et al. (2010c) e Baliscei (2011) com a redução da velocidade do vento e por conseguinte a redução da perda de água do solo por evapotranspiração.

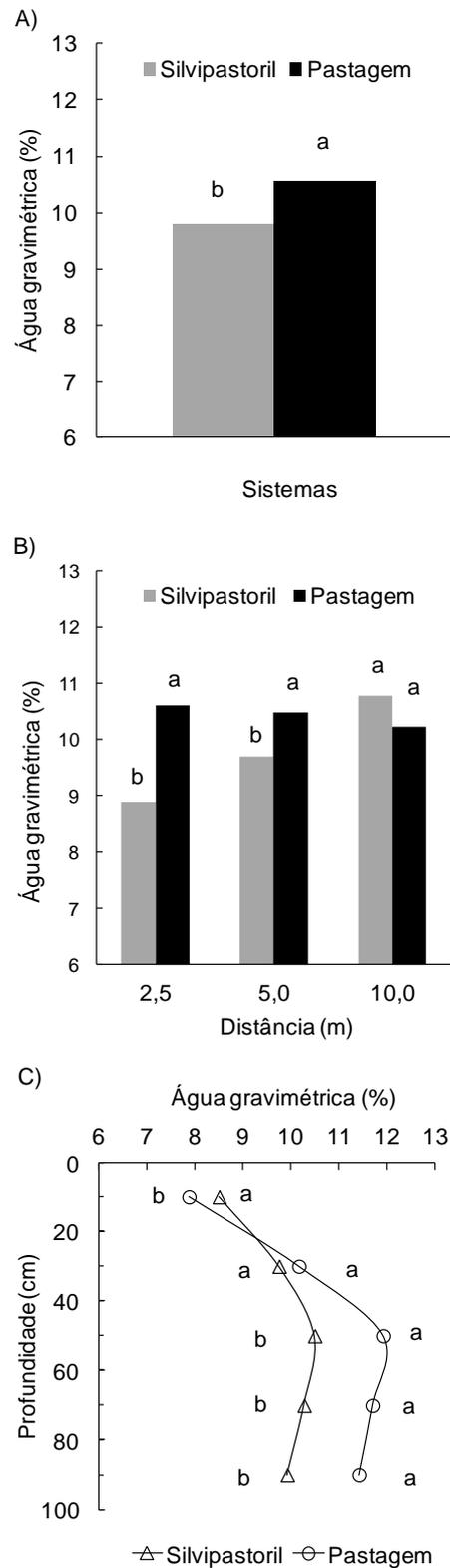


FIGURA 4 - Armazenamento de água gravimétrica para sistemas silvipastoril e pastagem (A), distância dos terraços em nível (B) e camadas de solo (C). Médias seguidas pela mesma letra, para o mesmo sistema, distância e camada, não diferem entre si pelo teste t ( $P < 0,05$ ).

### 4.3 Interações Duplas entre Sistemas e Distâncias do Renque por Camada de Solo

O sistema pastagem armazenou mais água do que o sistema silvipastoril na camada de 21-100 cm e 41-100 cm distante, respectivamente, 2,5 e 5,0 m de distância do terraço (Figuras 5A,B). Quando as amostragens de solo foram realizadas a 10,0 m de distância dos renques de árvores de eucalipto, o sistema silvipastoril aumentou a disponibilidade de água na camada de 0-20 cm (Figura 5C).

O maior consumo de água árvores de eucalipto ocorreu a 5,0 m (Figuras 5A,B,C), semelhante a distância que comprometeu na produção de milho com eucalipto em sistema silviagrícola (MACEDO et al., 2006).

Uma das vantagens do sistema silvipastoril foi ter mantido maior disponibilidade de água na camada superficial arenosa de 0-20 cm a 10,0 m do renque de árvores de eucalipto (Tabela 4; Figuras 4A, 5C). Esta distância corresponde a altura das árvores de eucalipto que atingiram durante as amostragens de solo (Tabelas 3 e 6). A constatação de que não houve competição pela água do solo para a distância de 10,0 m do renque de árvores de eucalipto com altura de 8 a 11m, que foi a altura média inicial e final durante o período de avaliação do trabalho, e de que não houve comprometimento da produção de forragem no sistema silvipastoril em relação ao sistema pastagem (Tabela 2), constitui em um indicativo técnico de que para essas condições de altura e população de eucalipto não há limitação hídrica para o sistema silvipastoril no centro do espaçamento entre renques dispostos entre si a uma distância de 21 m, para as condições edafoclimáticas do noroeste do Paraná (Figura 1; Tabelas 4 e 6) (CAVIGLIONE et al., 2000).

A manutenção de maior disponibilidade de água do solo no sistema silvipastoril na camada de 0-20 cm (Figura 5C) é atribuída a alteração do microclima entre os renques das árvores de eucalipto com a redução da velocidade do vento (Tabela 1).

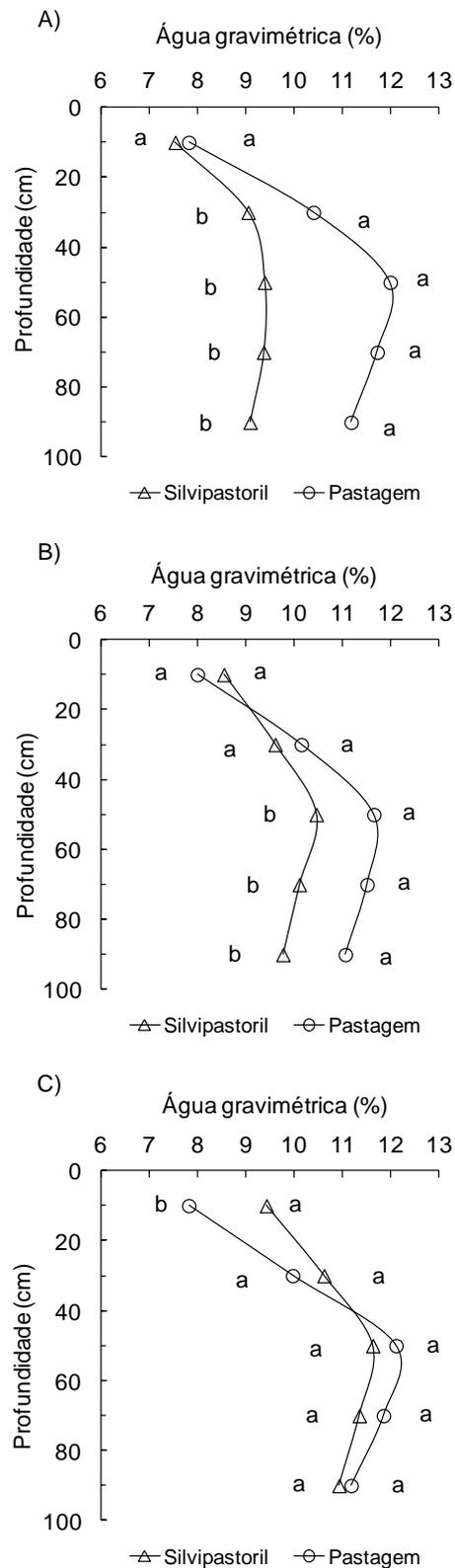


FIGURA 5 - Armazenamento de água gravimétrica para sistemas silvipastoril e pastagem distância do renque e terraços 2,5 m (A), 5,0 m (B) e 10,0 m (C). Médias seguidas pela mesma letra, para o mesmo sistema, distância e camada, não diferem entre si pelo teste t ( $P < 0,05$ ).

A disponibilidade de água no solo distante 2,5 m do renque de eucalipto no sistema silvipastoril e do terraço em pastagem não apresentou limitações na camada de 0-20 cm, porque as amplitudes dos valores dos intervalos de confianças das médias de água gravimétrica estiveram dentro do limite de água disponível, entre a capacidade de campo e ponto de murcha permanente (Figura 6A). O sistema silvipastoril teve maior limitação na disponibilidade de água no solo por ter apresentado valores de água gravimétrica no solo correspondente ao ponto de murcha permanente na camada de 21-100 cm. Contrariamente, o sistema pastagem na camada de 21-60 cm apresentou maior disponibilidade de água no solo, com amplitudes iguais a capacidade de campo.

A disponibilidade de água no solo distante 5,0 m do renque de eucalipto no sistema silvipastoril e do terraço, para o sistema pastagem, também não apresentou limitações na camada de 0-20 cm e 81-100 cm, porque as amplitudes dos valores dos intervalos de confianças das médias de água gravimétrica estiveram dentro do limite de água disponível, entre a capacidade de campo e ponto de murcha permanente (Figura 6B). Na camada de 21-80 cm, os dois sistemas apresentaram limitações de disponibilidade de água no solo, por terem apresentado valores de água gravimétrica no solo correspondente ao ponto de murcha permanente.

A disponibilidade de água no solo distante 10,0 m do renque de eucalipto no sistema silvipastoril e do terraço em pastagem não apresentaram limitações na camada de 0-20 cm e 41-100 cm, porque as amplitudes dos valores dos intervalos de confianças das médias de água gravimétrica estiveram dentro do limite de água disponível, entre a capacidade de campo e ponto de murcha permanente (Figura 6C). Na camada de 21-40 cm, somente o sistema pastagem apresentou limitação de disponibilidade de água no solo, por ter valor de água gravimétrica no solo correspondente ao ponto de murcha permanente, mas na camada abaixo, 41-60 cm, este sistema aumentos da disponibilidade de água no solo por ter apresentado valor superior ao valor mínimo de capacidade de campo.

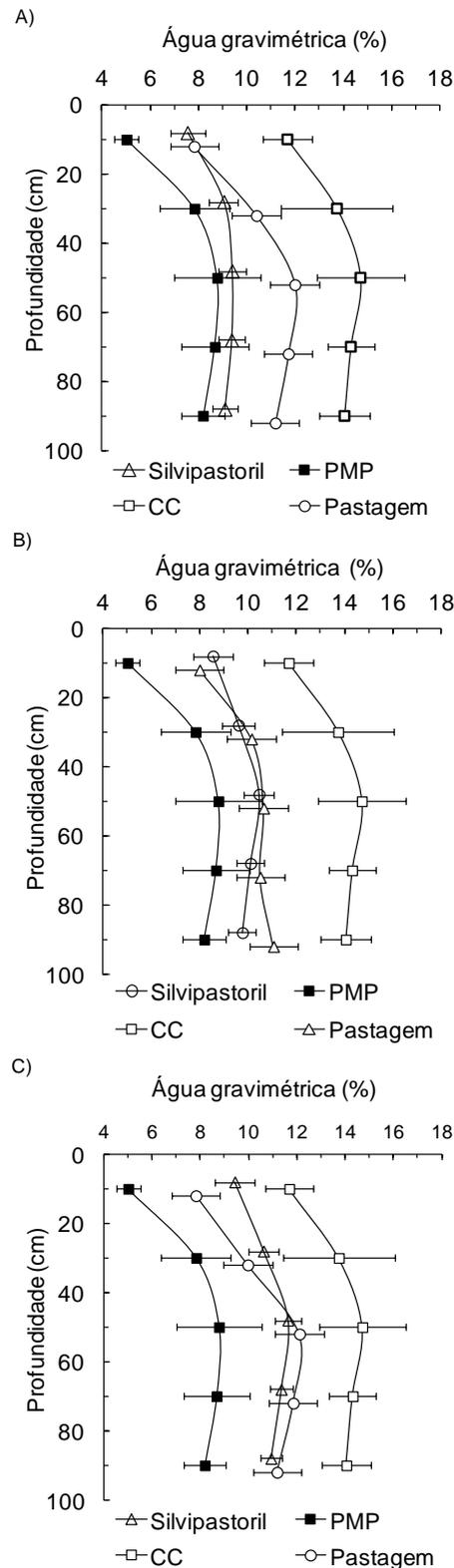


FIGURA 6 - Armazenamento de água gravimétrica no perfil do solo capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP) em camadas de 20 cm a 1 m de profundidade, distanciados 2,5 m (A), 5,0 m (B) e 10,0 m (C) do renque em silvipastoril e do terraço na pastagem. As barras verticais correspondem ao intervalo de confiança da média para cada uma das camadas de 20 cm ( $P < 0,05$ ).

A menor disponibilidade de água no solo a 21-100 cm constatada no sistema silvipastoril (Figura 6A) se deve provavelmente ao maior consumo de água pelas árvores, corroborando com Calder (2007) em que espécies arbóreas de rápido crescimento apresentam maior consumo de água em comparação com vegetação de menor porte. O fato das amostragens de solo ter sido realizada aos 24-36 meses do plantio das mudas de eucalipto e da pastagem coincidiu com o período que ocorre a máxima de biomassa foliar de *Eucalyptus grandis*, verificado por Reis (1985). Outros fatores que podem ter contribuído com a redução da disponibilidade de água no solo com eucalipto seria a redução da água que chega ao solo, devido à interceptação da chuva pela copa das árvores Leite, (1996) e pela maior concentração de raízes nas camadas subsuperfície (LIMA, 1996).

O maior consumo de água por transpiração das árvores de eucalipto dependeu da camada de textura média de 21-100 cm, já que a camada de 0-20 cm não houve diferença ( $P < 0,05$ ). Fidalski et al. (2008b) também verificaram maior dependência de plantas de laranjeira consorciada com leguminosa a água da camada subsuperficial de textura média em solo similar, na camada de 61-80 cm, para a taxa de fotossíntese e a condutância estomática das folhas das laranjeiras.

#### **4.4 Considerações Gerais**

O sistema silvipastoril se diferenciou do sistema pastagem quanto à disponibilidade de água no perfil avaliado de 100 cm de profundidade. Dois processos ocorreram distintamente: a) no sistema silvipastoril a maior transpiração pelas árvores de eucalipto teria sido a principal causa do maior consumo de água do solo a 2,5 e 5,0 m de distância do renque; b) no sistema pastagem, a maior velocidade do vento teria contribuído para aumentar as perdas de água do solo por evaporação na camada superficial arenosa.

Em razão da predominância de processos distintos entre os dois sistemas estudados que determinaram a disponibilidade de água no perfil do solo, o sistema silvipastoril apresenta vantagens ambientais ao propiciar melhores condições térmicas aos animais pela sombra proporcionada pelas árvores e econômicas com a maior rentabilidade a partir da produção de madeira (Tabela 3), sem comprometer a produção de forragem (Tabela 2).

## 5 CONCLUSÕES

No sistema silvipastoril a disponibilidade de água no solo diminui próximo ao renque de eucalipto, a 2,5 m e na camada subsuperficial de textura média (21-80 cm) até 5,0 m do renque de eucalipto.

A disponibilidade de água no solo aumenta na camada superficial areia franca (0-20 cm) equivalente à distância da altura de 10,0 m do renque de eucalipto.

## REFERÊNCIAS

- ALTIERRI, A. A. **Agroecologia**: as bases científicas da agricultura alternativa. [Tradução de Patrícia Vaz]. Rio de Janeiro: PTA/FASE, 1989. 240p.
- ANDERSON, G. W.; MODRE, R. W.; JENKINS, P. J. The integration of pasture, livestock and widely-space pine in South West Western Australia. **Agroforestry Systems**, n. 6, p. 195-211. 1988.
- ANDRADE, C. M. S. **Estudo de um sistema agrossilvipastoril, constituído por *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake e *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1, na região dos Cerrados de Minas Gerais, Brasil.**, 2000. 102f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.
- ANDRADE, C. M. S. et al. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com *Stylozanthus guianensis*, CV. Mineirão, em sistemas silvipastoris com eucaliptos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, n.6, v.32, (Supl. 2), 2003.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15. ed. Washington, D.C.: [s. n.], 1990.
- AULER, P. A. M. et al. Calagem e desenvolvimento radicular, nutrição e produção de laranja 'Valência' sobre porta-enxertos e sistemas de preparo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.3, p.254-261, 2011.
- BALISCEI, M. A. **Sistema silvipastoril na melhoria do bem-estar de bovinos de corte**, Maringá, 2011. 48f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR.
- CALDER, I. R. Forests and water: Ensuring forest benefits outweigh water. **Forest Ecology and Management**, v.251, n.1/2, p.110–120, 2007.
- CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. P.; XAVIER, D. F. Comportamento de cinco leguminosas arbóreas exóticas em pastagem formada com latossolo Vermelho-Amarelo de baixa fertilidade. **Revista Árvore**, v.23, n.2, p.187-192, 1999.
- CARVALHO, M. M. et al. Produção de matéria seca e composição mineral da forragem de seis gramíneas tropicais estabelecidas em um sub-bosque de angico vermelho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.2, p.213-218, 1997.
- CASTRO, A. C. et al. Sistema silvipastoril na Amazônia: ferramenta para elevar o desempenho produtivo de búfalos. **Ciência Rural**, v. 38, n. 8, p.2395-2402, 2008.
- CAVIGLIONE, J. H. et al. **Cartas Climáticas do Estado do Paraná**. Londrina, IAPAR, 2000. CD-ROM.
- CONNOR, D. J. Plants stress factors and their influence on production of agroforestry plant associations. In: HUXLEY, P.A. (ed.). **Plant research and agroforestry**. Nairobi: ICRAF, 1983. p. 401-424.

COSTA, J. R. **Técnicas experimentais aplicadas às ciências agrárias**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003. 102p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 163).

COSTA, M. A. T. et al. Resistência do solo à penetração, produção de raízes e de forragem em diferentes níveis de intensificação do pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.3, 2012. No prelo.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

EMBRAPA. **Banco de dados climáticos do Brasil**. Disponível em: <<http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 24 mar. 2012.

FASOLO, P. J. et al. **Erosão**: inventário de áreas críticas no Noroeste do Paraná. Londrina: IAPAR, 1988. 20p. (IAPAR. Boletim Técnico, 23).

FIDALSKI, J. Fertilidade do solo sob pastagens, lavouras anuais e permanentes na região noroeste do Paraná. **Revista Unimar**, v.19, n.3, p.853-861, 1997.

FIDALSKI, J. et al. Produção de laranja com plantas de cobertura permanente na entrelinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.1, n. 6, p. 927-935, 2006.

FIDALSKI, J. et al. Qualidade física do solo em pastagem adubada e sob pastejo contínuo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.11, p.1583-1590, 2008a.

FIDALSKI, J. et al. Respostas fisiológicas da laranjeira 'Pêra' aos sistemas de manejo de cobertura permanente do solo nas entrelinhas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1307-1317, 2008b.

FRANKE, I. L.; FURTADO, S. C. **Sistemas silvipastoris**: fundamentos e aplicabilidade. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001. 51p. (Documento, 74).

FROTA, P. C. E.; RAMOS, A. D.; CARRARI, E. Wind reduction and soil water availability near a Caating shelterbelt, In: International Council for Research in Agroforestry, **Anais...** Nairobi, Kenya, 1989.p.531-536.

GARCIA, R.; COUTO, L. Silvipastoral systems: emergent technology of sustainability. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p.281-302.

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

GUTMANIS, D. **Estoque de carbono e dinâmica ecofisiológica em sistemas silvipastoris** 2004. 142 f Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP.

HARR, R. D.; PRICE, K. R. Evapotranspiration from a greasewood cheatgrass community. **Water Resources Research**, v. 8, n. 5, p. 1199-1203, 1972.

HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. [S.l.]: Longman Scientific & Technical, 1990.

IMAÑA ENCINAS, J. **Variáveis dendrométricas** Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, 2002. 102p. (Comunicações técnicas florestais; v.4, n.1).

KLEIN, V. A. et al. Textura do solo e a estimativa do teor de água no ponto de murcha permanente com psicrômetro. **Ciência Rural**, v.40, n.7, p.1550-1556, 2010.

LEITE, F. P. **Crescimento, relações hídricas, nutricionais e lumínicas em povoamento de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais**. 1996,90 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.

LEITE, F. P. et al. Relações hídricas em povoamento de eucalipto com diferentes densidades populacionais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.1, p.9-16, 1999.

LIMA, W. P. **Impactos ambientais do eucalipto**. São Paulo, 2.ed. São Paulo: Ed. Universidade de São Paulo, 1996. 301p.

MACEDO, R. L. G. et al. Desempenho silvicultural de clones de eucalipto e características agrônômicas de milho cultivados em sistema silviagrícola. **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, p. 701-709, 2006.

MARUN; F.; MELLA, S. C. **Recuperação de pastagens pela sucessão de culturas anuais e bianuais**. Londrina: IAPAR, 1997. 24p. (IAPAR. Boletim técnico, 52).

MAY, P. H. et al. Babassu palm in the agroforestry systems in Brazil's Mid – North region. **Agroforestry Systems**, n.3, p. 275-295, 1985.

MENARIM FILHO, A. **Produção e composição química de forragens em sistemas silvipastoris com *Eucalyptus spp.*** 2007. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR.

NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 1993. 499p.

NEGRO, S. R. L. **Propriedades físicas e químicas de um latossolo vermehlo distrófico cultivado com laranja**. 2003. 68f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR.

NEPOMUCENO, A. N.; SILVA, I. C. Caracterização de sistemas silvipastoris da Região Noroeste do Estado do Paraná. **Floresta**, v. 39, n. 2, p. 279-287, 2009.

PACIULLO, D. S. C. et al. **Sistemas agrossilvipastoris na America do Sul: desafios e potencialidades.** Arranjos e modelos de sistemas silvipastoris. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2007. p.13-50.

PACIULLO, D. S. C.; AROEIRA, L. J. M.; CARVALHO, M. M. **Sistemas Silvipastoris na pecuária Leiteira.** Embrapa Gado de Leite. Produção de leite a pasto: Técnicas de produção e de manejo da propriedade, 2009. p.63-84.

PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T. **Sistemas silvipastoris na pecuária leiteira.** Embrapa Gado de Leite, 2009.

PEREIRA, J. M.; REZENDE, C. P. Sistemas silvipastoris: fundamentos agroecológicos e estado de arte no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 13., 1996, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p.199-219.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental.** 13.ed. Piracicaba, ESALQ – USP, 1990. 467p.

RAIJ, B. van. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade do solo.** Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285p

REICHARDT, K. **A água na produção agrícola.** São Paulo: McGraw Hill do Brasil, 1978. 119p.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas.** São Paulo, Manole, 1990. 188p.

REIS, M. G. F. et al. Acúmulo de biomassa em uma sequência de idade de *Eucalyptus grandis* plantado no solo de cerrado em duas áreas com diferentes produtividades. **Revista Árvore**, v.9, n.2, p.149-162, 1985.

RIBASKI, J.; RAKOCEVIC, M.; PORFÍRIO-DASILVA, V. Avaliação de um sistema silvipastoril com eucalipto (*Corymbia citriodora*) e braquiária (*Brachiaria brizantha*) no noroeste do Paraná. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 9., 2003. São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2003. CD-ROM.

SÁ, J. P. G.; CAVIGLIONE, J. H. **Arenito Caiuá: capacidade de lotação das pastagens.** Londrina, 1999. (IAPAR, Informe de Pesquisa, 132).

SACRAMENTO NETO, O. B. **Balanco hídrico em plantios jovens de eucalipto na região de Belo Oriente- MG.** 2001. 77f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SANTOS, R. D. et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 5.ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. p.17-21.

SANTOS, H. G. et al. (eds.). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

SARMENTO, P. et al. Sistema radicular do *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio adubado com nitrogênio e submetido à lotação rotacionada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.1, p.27-34, 2008.

SEAB. **Tabela de pecuária de corte**. Disponível em: <<http://www.seab.pr.gov.br>>. Acesso em: 24 mar. 2012a.

SEAB. **Setor Florestal no Paraná**. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br>>. Acesso em: 24 mar. 2012b.

SILVA, J. L. S. **Produtividade de componentes de um sistema silvipastoril constituído por *Eucalyptus saligna* Smith. e pastagens cultivada e nativa no Rio Grande do Sul**. 1998. 179 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SILVA, V. P. **Modificações microclimáticas em sistema silvipastoril com *Grevillea robusta* Cunn. ex. R. Br. na região noroeste do Paraná**, 1998. 128f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SILVA, V. P.; MAZUCHOWSKI, J. Z. **Sistemas silvipastoris: paradigma dos pecuaristas para agregação de renda e qualidade**. Curitiba: EMATER, 1999. 52p. (Informação Técnica, 50).

SOARES, A. B. et al. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 443-451, 2009.

SOLLENBERG, L. E. et al. Reporting forage allowance in grazing experiments. **Crop Science Society of America**, v.45, p.896-900, 2005.

SOUZA, W. et al. Microclimate in silvipastoral systems with eucalyptus in rank with different heights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.3, p.685-694, 2010a.

SOUZA, B. B. et al. Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termoregulatório em novilhas leiteiras. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v.6, n 2, p. 59-65, 2010b.

SOUZA, W. et al. Behavior of beef cattle in silvipastoral systems with eucalyptus. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.3, p.677-684, 2010c.

TALSMA, T.; GARDNER, E. A. Soil water extraction by a mixed eucalypt forest during a drought period. **Australian Journal of Soil Research**, v. 24, p. 25-32, 1986.

TETTO, A. F. et al. Disponibilidade de madeira para fins energéticos no estado do Paraná, no período de 1997 a 2007. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE BIOENERGIA, 4., 2009, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2009.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

WILM, H. G.; COSTELLO, O. F.; KLIPPLE, G. E. Estimating forage yield by the double sampling method. **Journal American Society Agronomic**, v.36, n.1, p.194-203, 1944.

WILSON, J.R. et al. The growth of *Paspalum notatum* under a shade of a *Eucalyptus grandis* plantation canopy or in full sun. **Trop. Grass.**, v. 24, n. 1, p. 24-28, 1990.

WILSON, J. R. Influence of planting four tree species on the yield and soil water status of green panic pasture in submits southeast Queensland. **Tropical Grasslands**, v.32, n.4, p. 209-220, 1998.

WITSCHORECK, R.; SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W. Estimativa da biomassa e do comprimento de raízes finas em *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake no município de Santa Maria-RS. **Revista Árvore**, v.27, n.2, p.177-183, 2003.

## APÊNDICES

## Apêndice A

Figura – Sistemas silvipastoril e pastagem.



Fonte: SISTEMAS Silvipastoril e Pastagem. Disponível em: <<http://maps.google.com.br>>.

## Apêndice B

Figura – Sistema silvipastoril.



Fonte: O autor

## Apêndice C

Figura – Sistema pastagem



Fonte: O autor