Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

O uso do eucalipto em sistemas silvipastoril: acúmulo de fitomassa arbórea e de pastagem

Jhinmy Karc Hemeryth Bartra

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção em: Conservação de Ecossistemas Florestais

Piracicaba
2016

Jhinmy Karc Hemeryth Bartra
Engenheiro Florestal

O uso do eucalipto em sistemas silvipastoril: acúmulo de fitomassa arbórea e de pastagem

Orientador:
Prof. Dr. **CIRO ABBUD RIGHI**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção em: Conservação de Ecossistemas Florestais

Piracicaba
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP

Bartra, Jhinmy Karc Hemeryth
O uso do eucalipto em sistemas silvipastoril: acúmulo de fitomassa arbórea e de pastagem / Jhinmy Karc Hemeryth Bartra. - - Piracicaba, 2016.
127 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Sistema silvipastoris 2. Irradiância 3. Gramínea 4. Eucalipto I. Título

CDD 634.9734
B294u

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICATÓRIA

À Deus por dar-me a vida.

À meus avôs María e Miguel que iluminam meu caminho desde o céu.

À minha Mãe Ana María, pelo seu esforço e paciência, em ser cada dia melhor.

À minha Tia Juana Bartra, por cada cuidado e conselho dado para minha formação.

À cada um de meus irmãos.

DEDICO

Ao Prof. Ciro Abbud Righi,

À todos meus colegas, amigos e professores, pela ajuda.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Ao Programa Nacional de Becas e Créditos Educativos (PRONABEC), pela bolsa de mestrado que me foi outorgada.

Aos meus Co-orientadores: Prof. Dr. Marcos Silveira Bernardes (LPV - ESALQ), Profa. Dra. Luciana Duque Silva (LCF – ESALQ) e Maria Luiza Franceschi Nicodemo (Pesquisadora da Embrapa Pecuária Sudeste).

À Estação Experimental de Ciências Florestais Anhembi, conformado pelo Dr. João Carlos e os funcionários Srs. Carlos Maria, Pedroso, Valdir e Sidney, obrigado pelos momentos gratos; um agradecimento especial para a Sra. Esmeralda.

Ao funcionário do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), Edison Luis Da Fonseca, pelo grande apoio logístico do experimento e moradia em Anhembi.

Ao Prof. Dr. Francides Gomes da Silva Junior e a funcionária Camila Sarto do Lab. de Química, Celulose e Energia-LQCE da ESALQ.

Ao grupo de estágio Monte Olimpo. Em especial aos seus integrantes: Ismael, Gustavo, Gabrielli, María Eugênia e Ítalo pelo apoio experimental da pesquisa.

Aos meus companheiros do Laboratório de Ecofisiologia e Silvicultura - LEFS, Gustavo, Luana, Carla, Gleice, Carlos, Thiago, Tatima e Murilo, que formaram peça importante no desenvolvimento do trabalho em campo e laboratório. De igual forma aos alunos Tainá, Gabriella, Yuri, Ana Paula, Julianne, Alêda, Andressa, Magno Ribeiro, Poliana Arantes, Karine, Alexandre pelo apoio em campo.

Aos meus compatriotas e amigos Roger, Rafael, Erick, Darío, Veronika, Juan Carlos, Victor Manuel, José Luis, Carlos Cristoval, Yemina, Nancy, Ximena, Gina, Pedro, Victor Alan, Jam Pier, Cinthia, Jorge, pelos momentos de alegria e ocorrências nesta etapa de mestrando, e que de algum modo ajudaram no estudo.

Aos meus amigos Marco Araujo, Juan Molina, Evangelina Miqueo, Marina Guevara, Jonhatan Vasquez e Andrea Gutiérrez, pelos gratos momentos compartilhados no Brasil.

À todas as pessoas que de uma ou outra forma me apoiaram durante esta pós-graduação.

BIOGRAFIA

Nasci um 17 de agosto de 1988 na cidade de Pucallpa – Perú, meus pais são Ana María Bartra Pinedo, dona de casa e Juan Nicolas Hemeryth Saavedra, motorista. Sou o quinto de 13 irmãos. Meus estudos primários foram realizados na Escola Coronel Francisco Bolognesi (Pucallpa), no Colegio Ricardo Palma (Trujillo) e na Escola 65003 – ex 1220. Meus estudos secundários foram realizados na Instituição Educativa Nossa Senhora de Guadalupe e Imaculada. Sou formado em Engenheira Florestal pela Universidade Nacional de Ucayali. Á Minha experiência Professional esteve baseado em recuperação de áreas degradadas e plantações florestais com espécies nativas, onde fiz meu TCC no “Instituto de Investigações da Amazônia Peruana (IIAP)” e depois trabalhei na empresa RENUEBO S.A.C. como técnico florestal.

“Os conceitos e princípios fundamentais da ciência são invenções livres do espirito humano”

Albert Einstein

SUMÁRIO

RESUMO.....15
ABSTRACT.....17
LISTA DE FIGURAS.....19
LISTA DE TABELAS.....22
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....23
LISTA DE SÍMBOLOS.....25
1. INTRODUÇÃO.....27
1.2 Revisão blibliográfica.....30
1.2.1 Setor florestal no Brasil 30
1.2.1.1 Produtividade do eucalipto 31
1.2.2 Situação das pastagens no Brasil 32
1.2.2.1 O Gênero Brachiaria.....34
1.2.2.2 O Gênero *Panicum*.....34
1.2.3 Sistemas agroflorestais 35
1.2.3.1 Sistemas silvipastoril 37
1.2.3.2 Disponibilidade de radiação solar nos SSPs 39
Referências.....42
2 DISPONIBILIDADE MENSAL DA FITOMASSA DA FORRAGEM EM FUNÇÃO DO GRAU DE COBERTURA DO DOSSEL EM SISTEMAS SILVIPASTORIS.....49
Resumo.....49
Abstract.....49
2.1 Introdução 50
2.2 Material e Métodos.....52
2.2.1 Caracterização do experimento.....52
2.2.2 Coleta de dados 54
2.2.2.1 Componente arbóreo.....54
2.2.2.1.2 Estimativa do índice de cobertura relativa do dossel (ICRD) 54
2.2.2.1.3 Estimativa do índice de área foliar (IAF).....56
2.2.2.2 Componente pastagem 57
2.2.2.2.1 Determinação de fitomassa.....57

2.2.2.2.2 Separação dos componentes e determinação da massa seca 58
2.2.2.2.3 Estimativa da área foliar específica (AFE) 59
2.4 Resultados e Discussão 60
2.4.1 Componente arbóreo 60
2.4.1.1 Índice de cobertura relativa do dossel (ICRD) 61
2.4.1.2 Estimativa do índice de área foliar (IAF) 61
2.4.2 Forragem 62
2.4.2.1 Variação temporal da disponibilidade de forragem 65
2.4.2.2 Relação de fitomassa e altura 67
2.4.2.3 Disponibilidade de forragem nos diferentes tratamentos 71
2.4.2.4 Disponibilidade de matéria seca total em relação à área basal 71
2.7 Recomendações 73
3 DISPONIBILIDADE DE FITOMASSA DE *Brachiara decumbens*, EM UM SISTEMA SILVIPASTORIL COM RENQUES DE EUCALIPTO: O PAPEL DA RADIAÇÃO SOLAR 77
Resumo 77
Abstract 77
3.1 Introdução 77
3.2 Material e Métodos 81
3.2.1 Caracterização do experimento 81
3.2.2 Condução do experimento 83
3.2.2.1. Componente pastagem 83
3.2.2.2 Componente arbóreo 84
3.2.3 Determinação experimental dos parâmetros analisados 85
3.2.3.1 Fitomassa e área foliar especifica (AFE) 85
3.2.4 Cálculo da disponibilidade de radiação solar 86
3.2.5 Análise estatística 86
3.3 Resultados 86
3.3.1 Disponibilidade da radiação solar pela fórmula de Bernardes (2015) 86
3.3.1.1 Caracterização das árvores de eucalipto e da pastagem. 88
3.3.2 Disponibilidade de fitomassa por tratamentos 89
3.3.3 Frações da fitomassa nas coletas 2014 e 2015 92
3.3.2 Área foliar específica (AFE) em função da irradiância 94
3.4 Conclusões 96

Referências 96
4 VARIAÇOES ARQUITETURAIS DE UMA MONOCULTURA DE *E. urograndis* EM FUNÇÃO DE SUA POSIÇÃO ESPACIAL.....97
Resumo.....97
Abstract.....97
4.1 Introdução 98
4.2 Material e métodos.....99
4.2.1 Caracterização do experimento.....99
4.2.2 Coleta de dados 100
4.2.2.1 Inventário florestal 100
4.2.2.2 Agrupamento em classes de diâmetro 101
4.2.2.2.1 Cubagem das árvores abatidas.....101
4.2.2.2.2 Determinação e estimativa da fitomassa aérea.....102
4.2.2.2.3 Determinação da fitomassa de folha e área foliar específica (AFE).....103
4.2.2.2.4 Determinação da densidade básica 104
4.3 Análises de dados 105
4.3 Resultados e Discussão.....106
4.3.1 Altura total e do fuste, DAP e comprimento da copa. 106
4.3.1 Fitomassa.....107
4.3.1.1 Análises de regressão das variáveis 109
4.3.1.1.3 Determinação da densidade básica 114
4.4 Conclusões.....114
Referências 114
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....117
ANEXOS.....119

RESUMO

O uso do eucalipto em sistemas silvipastoril: acúmulo de fitomassa arbórea e de pastagem

O presente estudo foi dividido em três capitulos, todos realizados na Estação Experimental de Ciências Florestais de Anhembi/SP, entre os anos de 2014 e 2015. O primeiro estudo intitulado de “Variação mensal da fitomassa da forragem em função do grau de cobertura do dossel em sistemas silvipastoris”, foi realizado em 3 monoculturas de 13 anos de idade, com área útil de 50 m x 30 m para coleta de pasto as mesmas efectuadas mensalmente. Os resultados apresentaram que não há relação significativa entre a cobertura do dossel e fitomassa da forragem pelo caso de que o sub-bosque estava muito sombreado. Entretanto, houve uma relação indireta entre área basal e fitomassa. Evidenciando-se que o talhão de Eucalipto urograndis apresentou as melhores condições de crescimento e disponibilidade de materia seca mensal para *Bachiaria decumbens* além de obter a maior porcentagem de folha entre todos os tratamentos. Ao contrario, no talhão de *Pinus tecunumanii,* foi encontrada a menor disponibilidade de materia seca mensal e por consequência, menor porcentagem de folha. O segundo estudo foi chamado de: “Disponibilidade de fitomassa de *B. decumbens*, em um sistema silvipastoril com eucalipto: o papel da radiação” onde o componente florestal foi o eucalyptus (COP-1377) de 2 anos de idade plantado em uma área útil de 10 ha, dividido em 3 tratamentos (onda longa-OL (39 m), onda curta-OC (21 m), e testemunha-T) e instalado em 4 blocos distintos. Foram realizadas duas coletas dutante o período de verão e de inverno, onde foi possível verificar que o tratamento OL mostrou maior disponibilidade de fitomassa a 65% de irradiância além de obter maior porcentagem da fração folha. Este foi favorecido pelo maior espaçamento entre as aléias. Contudo, houve ataque de cigarinha na pastagem, mantendo a queda da disponibilidade no período de inverno. O terceiro estudo intitulado de: “Variaçoes arquiteturais de uma monocultura de E. urograndis em função de sua posição espacial”, foi também realizado na monocultura do primeiro estudo, numa área de 7 ha. Para este estudo, realizou-se um inventario florestal, logo após, dividiu-se as árvores por sua classe diamétrica e selecionou-se aleatoriamente 60 árvores para cubagem, e destas, escolheu-se 15 para determinação da fitomassa e respectiva densidade da madeira. Para a obtenção da fitomassa dividiu-se as árvores em três frações de análise: tronco, galhos e folha. Além disso, as 15 árvores foram divididas em: bordadura, intermediária e centro da parcela, de acordo com a sua localização. Verificou-se que a bordadura apresentou os maiores crescimentos em DAP, altura, largura de copa e, que por consequência, obteve maior volume e fitomassa em todas suas frações. Também foi possível observar que tanto a bordadura quanto o centro apresentaram maior densidade básica em função da maior copa e altura das árvores incentivando a geração de mais fitomassa foliar. Finalmente conforme os três estudos realizados neste trabalho de pesquisa, concluiu-se que a radiação solar é fator chave na produtividade da cultura forrageira, demonstrando a necessidade de mais pesquisas sobre os sistemas agroforestais e silvipastoris para o sucesso de futuros emprendimentos.

Palavras-chave: Sistema silvipastoris; Irradiância; Gramínea; Eucalipto

ABSTRACT

The use of eucalyptus in silvopastoral systems: woody biomass accumulation and grazing

This study was divided into three chapters, all of these were held in Forest Science Experiment Station of Anhembi / SP, between the years 2014 and 2015. The first study entitled of “Monthly variation of biomass of forage due to the canopy cover degree in silvipastoral systems” was fulfilled in 3 monocultures with 13 years of age, with useful area of 50 m x 30 m for pasture collecting the same month. The results showed no significant relationship between canopy cover and biomass of forage because of the shading of the understory. However, there was an indirect link between baseline and biomass area. Indicating that the that plot of Eucalyptus urograndis showed the best conditions of growth and availability of monthly dry matter for Bachiaria decumbens and in adittion to the highest percentage of leaf among all treatments. On contrary, in the plot of Pinus tecunumanii, was observed the smallest monthly availability of dry matter and therefore smaller percentage of leaf. The second study was called of: Availability of biomass B. decumbens, in a silvopastoral system with eucalyptus: the role of radiation” where the forestry component was the eucalyptus (COP-1377) with 2 years old planted in an area of 10 ha, divided in 3 treatments (long-OL wave (39 m), short-OC wave (21 m), and witness-T.) and instaled into 4 distinct blocks. Two samples were taken during the summer and winter period, where was possible verify that the OL treatment result showed more availability of biomass to 65% of irradiance beyond a higher percentage of the leaf fraction. This was favored by the biggest spacing between the alleys. However, there was attack on the grassland by leafhoppers keeping the downfall of availability during the winter. The third study was entitled: “Architectural variations of monoculture of E. urograndis according to their spatial position” was also reld at the monoculture of the first study, in an area of 7 ha. For this study, there was held a forest inventory, right after, the trees were divided for his diametric class and it is selected randomly 60 trees for cubage, and of those, were chose 15 for the determination of biomass and wood density. For the obtaining of biomass the trees were divided in three analysis fractions: trunk, branches and leaf. In addition, the 15 trees were divided into: surround, intermediate and center of the plot, in accordance with the location. It was verified that the border presented the highest growth in DBH, height, crown wide and that consequently achieved greater volume and biomass in all the fractions. Also been possible to observ that either at border as center showed a higher basic density due to higher canopy and tree height encouraging the creation of more biomass leaf. Finally as the three studies conducted in this research work, it was concluded that solar irradiation is a key factor in the productivity of forage crop, demonstrating the necessity of more research on agroforestry and silvopastoral systems for the success of future property developments.

Keywords: Silvopastoral system; Irradiance; Grass; Eucalyptus

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - A. Localização geográfica do experimento no Brasil – SP; B. Anhembi; Estação de Ciencias Florestais de Anhembi; D. Vista aérea da localização das monoculturas florestais e a pastagem, resaltados pelas parcelas de 50x30 m (área do experimento). Tendo as especies seguintes; U: Eucalipto urograndis; P: *Pinus tecunumanii*; C: *Eucalyptus citriodora* e T: Testemunha de pastagem.....52

Figura 2.2 - Distribuição dos parâmetros de temperatura e precipitação durante o estudo Pr – precipitação mensal (mm); T.med. – temperatura média do ar; T.max – temperatura média máxima; T.min – temperatura média mínima.....53

Figura 2.3 - Representação da leitura do dossel com o quadro reticulado. A e B representam quadro aberto (<50% de cobertura); C e D quadro fechado (>50% de cobertura).....55

Figura 2.4 - Leituras da cobertura do dossel mediante o quadro reticulado a 45° e 90° e o numero de repetições na parcela.....56

Figura 2.5 - A: Posição da estimativa leitura do índice de área foliar com o aparelho LAI-2000 na plantação de *E. citriodora*. B: Sequência sistemática das leituras com o aparelho LAI-2000 em cada plantação.....57

Figura 2.6 - Rebaixamento da pastagem a 20 cm de altura. A. Nivelamento dos tratamentos no sub-bosque; B. Nivelamento no tratamento a pleno sol.....58

Figura 2.7 - A. Unidade de localização amostral e coleta do pasto. B. Visualização finalizado a coleta.....59

Figura 2.8 - A. Separação do material vegetal. B. Pesagem dos componentes. C. Processamento de dados.....60

Figura 2.10 - Variação da disponibilidade de fitomassa do pasto em relação ao grau de cobertura do dossel nos tratamentos de *E. urograndis* (A); *E. citriodora* (B); *P. tecunumanii* (P).....62

Figura 2.11 - Identificação das especies forrageiras baixo dossel de cada tratamento, com *B. decumbens* e *Panicum* como as mais representativas.....63

Figura 2.12 - Variação mensal do IAF em função ao indice de cobertura relativa do dossel (ICRD) dos talhões *P. tecunimanii* (PT), E. urograndis (EU), *E. citriodora* (EC) ao longo do periodo de estudo.....64
Figura 2.13 - Variação mensal na disponibilidade dos componentes do pasto em função da precipitação pluvial (mm.ano^{-1}) por cada tratamento. Eucalipto urograndis (A), *Eucalyptus citriodora* (B), *Pinus tecunumanni* (C)..... 66
Figura 2.14 - Taxa de acúmulo de forragem do componente folha por cada tratamento. Eucalipto urograndis (A), *Eucalyptus citriodora* (B), *Pinus tecunumanni* (C).....68
Figura 2.15 - Variação mesual na disponibilidade dos componentes do pasto em função da precipitação pluvial (mm.ano^{-1}) por cada tratamento. Eucalipto urograndis (A), *Eucalyptus citriodora* (B), *Pinus tecunumanni* (C).....70
Figura 2.16 – Porcentagem de disponibilidade de forragem e suas frações caule, folha e material morto em cada tratamento, comparados com a testemunha (pasto a pleno sol).....71
Figura 2.17 - Comportamento da disponibilidade de fitomassa de pasto em relação área basal nas plantações.....72
Figura 3.1 - Vista aérea da Estação Experimental de Ciências Florestais de Anhembi/SP,EECF.....82
Figura 3.2 - Distribuição das coletas de pasto vista de parte de cima (a) e de perfil (b) nos tratamentos, onda longa, onda curta e monocultura do SSPs, com as variáveis estudadas.....84
Figura 3.3 - Mensuração realizada entre as fileiras do componente arvore no SSPs.....85
Figura 3.4 - Comportamento da estimação da irradiância em função à distância mediante a fórmula matemática proposto por Bernardes (2015), em cada tratamento; onda longa (OL) e onda curta (OC) 87
Figura 3.5 - Disponibilidade de fitomassa nos tratamentos onda curta (A) e onda longa (B) em relação à distância e ano de coleta.....90
Figura 3.6 - Porcentagem dos componentes de fitomassa total nos tratamentos onda longa, onda curta e monocultura em relação a sua irradiância.....93
Figura 3.7 - Análises de regressão entre AFE e irradiância nas coletas 2014 (a) e 2015 (b) 95

Figura 4.1 - A. Vista aérea da localização do talhão 33A e B. O desenho experimental do estudo, correspondidos pelo local borda – F1, F2; intermédio – F3, F4; centro – F5 até o centro.....100
Figura 4.2 - Medições das secções do DAP da arvore por cada metro de comprimento.....102
Figura 4.3 - Separação dos componentes (folha, galho, tronco), e pessagem respectiva para determinar a fitomassa. 103
Figura 4.4 - Esquema de coleta de disco em cada árvore (adaptado de COSTA, 2011).....104
Figura 4.5 - Determinação do volume saturado ou peso imerso do disco por meio do método de deslocamento de agua.....105
Figura 4.6 - Médias dos valores das variáveis, altura total, altura do fuste, DAP e cumprimento da copa em função aos locais, borda, intermédio e centro 106
Figura 4.7 - Valores médios pelas análises Tukey - Kramer com as respectivas fitomassa total e seus componentes em tronco, galho e folha.....108
Figura 4.8 - Análises de regressão e residual entre DAP e altura total da variável fitomassa total.....110
Figura 4. 9 - Análises de regressão e residual entre DAP e altura total da variável fitomassa do tronco.....111
Figura 4. 10 - Análises de regressão e residual entre DAP e altura total da variável fitomassa de galho.....112
Figura 4. 11 - Análises de regressão e residual entre DAP e altura total da variável fitomassa da folha.....113
Figura 4.12 - Determinação da densidade aparente das árvores do *E. urograndis* de 13 anos de idade em função a sua posição espacial, em borda, intermédio e centro.....114
Figura 5.1 – Distribuição espacial das árvores do *E. urograndis* no talhão 33-A em função ao DAP (cm).....126
Figura 5.2 – Distribuição espacial das árvores do *E. urograndis* no talhão 33-A em função à altura (m).....127

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Variáveis fitométricas dos tratamentos.....60
Tabela 2.2 - Disponibilidade de matéria seca total em relação à área basal dos tratamentos.....72
Tabela 3.1 - Numero de amostras coletadas por bloco, tratamento e distancia das linhas de faixas de plantio.....84
Tabela 3.2 - Média geral dos resultados da fitomassa total por tratamento e distância de coleta em função à irradiância.....87
Tabela 3.3 - Resumo dos resultados das variáveis estudadas do componente árvore por tratamento e distância de coleta em função à irradiância.....89
Tabela 3.4 - Média geral da irradiância de acordo a formula de Bernardes (2015).....90
Tabela 3.5 - Média geral da irradiância por tratamentos e ano de coleta em função a distância.....92
Tabela 3.6 - Resumo dos resultados de área foliar específica (AFE) por tratamento e distância de coleta em função à irradiância.....95
Tabela 4.1 - Distribuição de freqüência do diâmetro à altura do peito (DAP), em cm.....101
Tabela 4.2 - Média dos valores de fitomassa de galho, folha, e tronco em função do local espacial na parcela (Borda, intermédio, centro).....107
Tabela 4.3 - Média dos valores das variáveis estudadas em função do local espacial na parcela (Borda, intermédio, centro).....109
Tabela 5.1 – Parâmetros avaliados no tratamento Eucalipto urograndis com pastagens *Brachiaria decumbens* em relação à data de coleta.....121
Tabela 5.2 – Parâmetros avaliados no tratamento *Eucalyptus citriodora* com pastagens *Brachiaria decumbens* em relação à data de coleta.....121
Tabela 5.3 – Parâmetros avaliados no tratamento *Pinus tecunumanii* com pastagens *Panicum sp* em relação à data de coleta.....122
Tabela 5.4 – Parâmetros avaliados no pasto a pleno sol (Testemunha) em relação à data de coleta.....122
Tabela 5.5 – Resumo médio mensal dos valores para cada variável estudada nos diferentes talhões, baseados na disponibilidade de matéria seca, cobertura, IAF, AFE, altura e disponibilidade comparados com a testemunha.....123

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AFE - Área foliar especifica

DAP – Diâmetro altura ao peito

IAF - Índice de área Foliar

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBA - Instituto Brasileiro de Árvores

ICRD - Índice de cobertura relativa do dossel

GEE - Gases de efeito estufa

M.O. - Matéria Orgânica

MS - Matéria Seca

OC - Onda curta

OL - Onda longa

SAF - Sistema Agroflorestal

SSP - Sistema Silvipastoril

UET - Unidade efetiva da terra

USDA - United States Department of Agriculture

LISTA DE SÍMBOLOS

Pg - Pentagrama

1 INTRODUÇÃO

O mundo vive o dilema do desenvolvimento sustentável, devendo ponderar os efeitos do crescimento econômico sobre o meio ambiente. Aproximadamente 40% da superfície do planeta está dominada por terras sob cultivo e pastagens, tornando-se um dos principais biomas terrestres antropogênicos (ZULUAGA, 2012). No caso do Brasil, as áreas de pastagens ocupam 180 milhões de hectares, em sua maioria a céu aberto (pleno sol), mostrando uma paisagem desoladora sem o componente arbóreo (RIBASKI; RAKOCEVIC, 2002). Segundo Dias-Filho (2011b) 50% a 70% das áreas de pastagens apresentam algum grau de degradação. Adiciona-se o fato de que o Brasil ocupa o quinto lugar de emissor de gás de efeito estufa no mundo como resultado tanto do desmatamento e queima das vegetações nativas com a mudança no uso da terra, como no crescimento considerável da atividade pecuária (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA, 2013).

Outro problema que ocorre é o rápido crescimento populacional nas capitais, resultado da migração das pessoas do campo para os grandes centros urbanos, principalmente na região sudeste, onde a densidade demográfica é de aproximadamente 87 habitantes/km^2 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2010). Este crescimento rápido aumentou a demanda de madeira. Para superar tal falta de produtos, as áreas rurais, principalmente das regiões tropicais e subtropicais do hemisfério sul, vêm sendo paulatinamente plantadas com espécies do gênero *Eucalyptus.* Porém o eucalipto, quando plantado em extensas monoculturas, tem gerado em todo o mundo preocupações ambientais e socioeconômicas relacionadas com o eventual esgotamento da água do solo em regiões de baixa pluviosidade, a pressão sobre a vida silvestre e a redução da produção de culturas alimentícias. Desta forma, seu plantio vem sendo desencorajado em certas situações, pelas agências de fomento locais (SHEM et al., 2009).

O setor agroflorestal é de extrema importância para suprir as demandas de produtos a nível local como lenha, madeira, frutas e forragem para o gado; e globalmente como coco, café, chá, borracha e resina. Quase metade das terras cultiváveis no mundo contém pelo menos 10 por cento da cobertura florestal, de modo que o restante é conformado por vastas áreas agrícolas. Sendo que a grande maioria destas áreas trazem consigo fortes problemas de sustentabilidade social e

ambiental ao comparados com os sistemas agroflorestais, que são mais sustentáveis por trazer conforto e maior produtividade do trabalho, que por sua vez, é vital para a subsistência de milhões de pessoas. (FAO, 2013). Dentro dos sistemas agroflorestais, encontram-se os sistemas silvipastoris que são uma forma de produção de florestas em conjunto com pecuária. Esses sistemas têm despertado considerável interesse tanto na comunidade científica como entre produtores, em razão da necessidade de se conceberem novas alternativas de produção agrícola, que sejam econômica, social e ambientalmente mais sustentáveis que os sistemas atualmente em uso. O uso ordenado da arborização de pastagens pode minimizar os efeitos adversos decorrentes de elementos climáticos, pois as espécies arbóreas exercem diferentes papéis no ecossistema das pastagens, como a ciclagem de nutrientes, assim como o uso eficiente da energia solar e da agua, conforto térmico entre outros aspectos; trazendo benefícios para os animais, o meio ambiente e a própria pastagem (DIAS-FILHO, 2006). No dossel vegetal inferior dos sistemas silvipastoris, as plantas são expostas a diferentes ambientes de radiação solar e estes ambientes luminosos podem interferir na forma e nas propriedades fisiológicas dessas plantas. Por outro lado, a introdução do componente florestal em áreas de pastagens, além de garantir condições mais propícias para as pastagens e criações, possibilita também a diversificação da produção na mesma unidade de área, agregando com isso, valor econômico à propriedade rural (RIBASKI; RAKOCEVIC, 2002). Ademais, o eucalipto quando plantado no contorno de uma área de um hectare pode satisfazer de 50 a 75% das necessidades energéticas (lenha) de uma família com cinco pessoas (KIDANU et al., 2005). O eucalipto é uma espécie adaptada para as práticas silvipastoris porque possui copa estreita, permitindo a penetração de uma quantidade razoável de luz direta e/ou difusa até o nível do solo. Isso faz com que o crescimento das plantas forrageiras, sempre que o espaçamento estiver correto e o manejo for realizado de maneira apropriada, seja possível além de fornecer sombra aos animais melhorando o conforto térmico.

Poucos trabalhos acerca da disponibilidade de radiação solar que é necessária para que o eucalipto e de demais culturas apresentem crescimento satisfatório foram realizados. Dentre os existentes, os realizados por Monsi e Saeki (1953); Goudriaan (1977), de Wit (1965); Monteith (1965 e 1972) e demais trabalhos da época se aventuraram na primeira explicação dos fatos observados. Recentemente, muitos trabalhos com modelos de predição foram realizados

(GRACE et al., 1987; RÖHRIG et al., 1999), porém existe ainda, falta de medidas locais e de testes empíricos. As tomadas de medidas de radiação solar são ainda mais raras em pesquisas com SAFs.

Dada às características específicas do ambiente tropical (radiação e disponibilidade de água) no crescimento de comunidades de plantas, há ainda muito a se desenvolver em pesquisas nesta área. Existem evidências claras de que os sistemas monoculturais subutilizam os recursos existentes com a consequente deterioração do sistema produtivo e a necessidade de intervenção antrópica na sua manutenção. Desta forma, fica evidente a necessidade de se realizar experimentos no desenvolvimento de estruturas que maximizem a captura e uso da radiação solar com o consequente potencial de incremento em produtividade.

O cultivo do eucalipto em sistema silvipastoril (SSP) pode ser considerado como o sistema de produção mais sustentável para a região tropical. As características estruturais de interceptação e uso da radiação, da água e dos nutrientes podem aumentar a eficiência na utilização dos recursos produtivos, comparativamente aos monocultivos, associando as atividades produtivas com a conservação do ecossistema entre outros benefícios; além de propiciar maior conforto térmico ao animal sob pastejo. Neste estudo investigou-se o efeito da radiação solar em plantios de eucalipto na disponibilidade de forragem, como na produção de fitomassa florestal, incorporando estes cultivos no contexto dos SSP. O entendimento das relações ecofisiológicas será a base para planejar e desenvolver sistemas de produção mais sustentáveis e adaptados ao ambiente tropical. Com o acúmulo de evidências científicas espera-se desenvolver modelos de crescimento e de produção para sistemas agroflorestais. Para tal, neste trabalho os objetivos gerais foram:

Determinar a fitomassa da forragem em diferentes condições de cobertura em sub-bosques de plantios florestais;

Determinar a fitomassa aérea da forrageira em um sistema silvipastoril em renques em função da disponibilidade radiação e

Verificar as modificações estruturais de E. urograndis plantado em monocultivo em função da sua posição espacial.

1.2 Revisão Bibliográfica

1.2.1 Setor florestal no Brasil

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), prevê uma população mundial de aproximadamente 9,5 bilhões de habitantes em 2050, o que demandará um aumento de 70% na produção de alimentos do planeta. Por consequência, a demanda por madeira para uso industrial e geração de energia chegará a 5,2 bilhões m^{-3}. ano^{-1}, um aumento de 40% nos próximos 35 anos (IBA, 2015).

A contribuição do setor florestal na economia e no desenvolvimento do país é inegável. O Brasil é um dos líderes na produção de fitomassa florestal para celulose, papel e energia. As florestas plantadas que perfazem 0,7% do território correspondem às espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* (SBS, 2008). Destacam-se por representar a principal fonte de suprimento de madeira das cadeias produtivas de importantes segmentos industriais como os de celulose e papel, painéis reconstituídos, móveis, siderurgia a carvão vegetal, energia e produtos de madeira sólida. A área de árvores plantadas para fins industriais no Brasil totalizou 7,7 milhões de hectares em 2014, aumento de 1,8% em relação a 2013. De acordo com dados do IBA (2015), a produção nacional dos diversos segmentos de plantios florestais no ano 2014 foi a seguinte: em celulose 16,5 milhões de toneladas, 8,8% maior do que em 2013; em painéis de madeira reconstituída atingiu oito milhões de metros cúbicos, alta de 1,1% em relação a 2013. Entretanto, o consumo doméstico de madeira serrada diminuiu, passando de 8,5 milhões de metros cúbicos em 2013 para oito milhões de metros cúbicos em 2014. Do mesmo modo, a produção de carvão vegetal no Brasil alcançou 5,3 milhões de toneladas, com 81% de participação de madeira oriunda de árvores plantadas, 4% menor do que a produção de 2013.

A silvicultura baseada nas espécies do gênero *Eucalyptus* e *Pinus*, estimulada na década de 70 pelos incentivos fiscais associados aos investimentos por parte das indústrias de base florestal, tornou o setor fortemente competitivo. Atualmente, o corte raso de eucalipto para celulose ocorre ao redor dos sete anos de idade e o desbaste do pinus começa a ocorrer entre os nove e dez anos de idade. Para a

indústria moveleira, esses prazos são maiores, já que a exigência mínima é de que o eucalipto tenha 12 anos e o pinus, entre 15 e 18 anos, para que a tora possa ter um diâmetro mínimo que possibilite um melhor aproveitamento (JUVENAL e MATTOS, 2002).

Com relação à adoção dos sistemas integrados de produção, o sistema silvipastoril (também conhecido no Brasil como Integração Floresta-Pecuária) tem sido apontado como uma eficiente alternativa de uso sustentável da terra, principalmente nas áreas potencialmente sujeitas à degradação. Por outro lado, a reincorporação ao processo produtivo de áreas alteradas a partir de plantações florestais pode contribuir significativamente para diminuir a pressão sobre as florestas nativas.

1.2.1.1 Produtividade do eucalipto

No Brasil, dos 7,7 milhões ha de florestas plantadas em 2014, a espécie eucalipto ocupa 5,56 milhões ha, representando 72% do total. Os lugares com maior plantio se encontram principalmente nos estados de Minas Gerais (25,2%), São Paulo (17,6%) e Mato Grosso do Sul (14,5%). Já a cultura de pinus ocupa 1,59 milhões de ha, representando 21% do total. Ela se concentra principalmente nos estados de Paraná (42,4%) e Santa Catarina (14,5%). Também existem outras espécies plantadas, distribuídas em 590 mil ha, representando 7% (IBA, 2015).

Um dos principais produtos dos plantios de eucalipto e de pinus é a produção de celulose. No caso do eucalipto seu cultivo é realizado predominantemente em grandes áreas e com elevada produtividade. Estudos realizados no setor de celulose em 1965 mostraram que a produtividade média nacional do eucalipto era de 10 m^3 ha^{-1} ano^{-1}, enquanto que a média nacional atual é de 38 m^3 ha^{-1} ano^{-1}. Sendo que nos melhores sítios florestais, a produtividade média chega a 45–50 m^3 ha^{-1} ano^{-1} (SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA SBS, 2006).

Esse sucesso produtivo aliado à exigência de pontualidade nas metas industriais e do mercado e à necessidade de planejamento de longuíssimo prazo, condicionam as alterações no sistema de produção a estudos consolidados antes de sua implantação.

Objetivando-se melhorar a produtividade, nos últimos anos o eucalipto vem sendo difundido para utilização nos SSPs por apresentar rápido crescimento,

característica importantíssima quando se considera a liberação da área para o pastejo e por possuir uma arquitetura de copa compatível com a consorciação com outras culturas. Além disso, essa espécie se destaca por apresentar práticas silviculturais validadas e por sua disponibilidade de cultivares oriundos de programas de melhoramento florestal; pela produção de madeira para usos múltiplos; por apresentar boa fonte de renda para o produtor e principalmente por sua capacidade de adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, podendo ser plantado em todos os biomas brasileiros.

Resultados experimentais e de áreas em produção comercial têm mostrado ampla possibilidade de combinação do eucalipto com diversas atividades agrícolas (MACEDO et al., 2010). Tais combinações podem incrementar a produtividade, melhorar a fertilidade do solo, atenuar os danos causados por extremos climáticos ou por incidência de pragas; como também melhorar a distribuição dos benefícios do negócio a uma gama maior de agentes sociais.

Ainda são poucos os trabalhos de pesquisa de SSP com eucalipto. Dada a grande variação que este pode assumir – tanto em composição como em disposição e épocas de plantio – é ainda mais evidente a falta de conhecimentos básicos, os conhecimentos estão dispersos e a validade dos resultados muitas vezes restringe-se à área de estudo e às espécies estudadas. Existe assim a necessidade de pesquisas com interação entre plantas que facilitem o estudo de composição e avaliação do sistema como um todo. Alguns resultados obtidos no noroeste de Paraná mostraram que o SSP de Eucalipto (*Corymbia citrodora*) com braquiária (*Brachiaria brizantha*) plantados em fileiras simples com espaçamento médio de 30 m e 1,5 m apresentaram em média 204 m^3/ha de madeira (DIAS-FILHO, 2006).

1.2.2 Situação das pastagens no Brasil

Aproximadamente 40% da superfície do planeta estão dominada por terras de cultivo e pastagens, tornando-se um dos principais biomas terrestres antropogênicos (ZULUAGA, 2012). Estudos realizados por Dias-Filho (2014, 2011b) indicam que 50% a 70% das áreas de pastagens apresentam algum grau de degradação. Isso ocorre especialmente em locais em que a pecuária apresenta suas maiores taxas de expansão, principalmente nas áreas de fronteira agrícola, como na região amazônica e no Brasil central. Soma-se a isso uma grande falta de manejo das áreas,

interferindo na capacidade de suporte das pastagens (COAN; REIS, 2015). Além do que, mesmo sob uma lotação animal, as pastagens tropicais necessitam descansar do pastejo animal. O descanso da pastagem permite a restauração do seu índice de área foliar e do seu sistema radicular, possibilitando maior cobertura do solo e competitividade com as plantas daninhas (DA VEIGA, 2005).

Um levantamento feito pelo Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) e Agência Alemã para a Cooperação Internacional (GIZ, 2015), mostrou que para cada R$ 1 milhão faturado pela pecuária, R$ 22 milhões são gerados de impactos ambientais além do fato de a pecuária ser responsável por 90% do desmatamento da Amazônia; por pelo menos 50% de toda água doce consumida; a maior responsável pela poluição de rios; e pelo processo de degradação e desertificação do solo. Estes são os maiores problemas da pecuária do Brasil, causando grandes prejuízos ambientais e econômicos. Diante disso, a pecuária é uma das atividades que mais vêm sofrendo pressões para que sejam adotados sistemas de produção mais saudáveis ambientalmente. Sob o risco de perder a competitividade, a pecuária terá que substituir o modelo extensivo atualmente usado por sistemas de produção ambientalmente mais sustentáveis. A pecuária é uma das principais atividades econômicas do país, possuindo o segundo maior rebanho comercial do mundo e detendo aproximadamente 20% do mercado de carne mundial (USDA, 2011). O rebanho bovino é estimado em 209 milhões de cabeças, ocupando uma área de aproximadamente 199 milhões de hectares. No sudeste encontram-se 32 milhões de hectares de pastagens e 39,21 milhões de cabeças de gado, representando 18,3% do rebanho nacional. O restante está distribuído nas regiões dos biomas Amazônia e Cerrado 54,7%, região Nordeste 13,7% e no Sul do país 13,3% (IBGE, 2010).

Adiciona-se o fato de que o Brasil ocupa o quinto lugar de emissor de gás de efeito estufa no mundo, como resultado tanto da mudança no uso da terra, como no crescimento considerável da atividade pecuária, que aumentou quase 40% entre 1990 e 2010 (USDA, 2013). Nos últimos tempos, governo federal tomou a iniciativa de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura com o chamado Plano ABC. Este programa que prioriza a expansão de áreas agrícolas e de reflorestamento foi iniciado no ano de 2010 e tem por finalidade a organização e o planejamento das ações a serem realizadas para a adoção das tecnologias de produção sustentáveis,

com o objetivo de responder aos compromissos de redução de emissão de gases do efeito estufa (GEE) assumidos pelo país no setor agropecuário (AGRICULTURA, 2012).

1.2.2.1 O Gênero Brachiaria

As áreas de pastagens no Brasil têm aproximadamente 180 milhões de hectares (RIBASKI; RAKOCEVIC, 2002), dos quais o gênero brachiaria ocupa cerca de 85 % incluindo cerca de 100 espécies de origem principalmente tropical e subtropical africana, sendo as mais cultivadas: *B. humidicola, B. brizantha, B. ruziziensis e B decumbens* (CORRÊA, 2002; FONSECA; MARTUSCELLO, 2010). Dentre as mais cultivadas, a *Brachiaria decumbens* é a principal, ocupando aproximadamente 55% da área (FONSECA et al., 2006). O sucesso do cultivo de forrageiras desse gênero se deve à sua excelente adaptabilidade a diversos sistemas de produção e condições edafoclimáticas; às suas altas taxas de produção de matéria seca e a sua alta capacidade de rebrota. Entretanto, uma das principais desvantagens do gênero brachiaria como forrageira é a sua grande susceptibilidade ao ataque das cigarrinha-das-pastagens (principalmente as espécies *Deois flavopicta* e *Zulia enteriana*), que vem causando grandes morte progressiva das forrageiras principalmente a *Brachiaria decumbens* (COSENZA et al., 1989).

A *B. decumbens* proporciona melhor cobertura vegetal no solo com a maior produção de matéria seca e varia conforme o manejo que recebe. Essa gramínea também apresenta uma maior capacidade de suporte e o mais elevado ganho de peso vivo por animal e por hectare. Em geral, sua produção de matéria seca a pleno sol está próximo de 15 $ton.ha^{-1}.ano^{-1}$ (ALVIM et al., 2002).

1.2.2.2 O Gênero *Panicum*

O gênero *Panicum* é um dos maiores e mais importantes da família Poaceae. Esta forrageira originária da África tropical está presente nas regiões tropicais e subtropicais em até 1.800 m de altitude em todo o mundo. Foi introduzido no Brasil provavelmente no século 18 durante o período do comércio de escravos africanos para as colônias americanas quando sua palha era utilizada como cama nos navios negreiros (PARSONS, 1972). As espécies do gênero *Panicum* ocupam o segundo

lugar entre as forrageiras mais plantadas nas áreas do estado de São Paulo com mais de 358 mil ha (LUPA, 2008).

Entre as diversas espécies existentes algumas são consideradas forrageiras (*Panicum maximum*)*;* outras são utilizadas para a produção de grãos (*Panicum miliciaceum*); e também para cumprir uma função ecológica (*Panicum racemosum*), que atua como fixadora de dunas primárias. Por último fica-se evidente a necessidade de inclusão de espécies invasoras como o *Panicum dichotomiflorum* e *Panicum repens*.

A capacidade de se utilizar eficientemente altas intensidades de radiação solar associadas com a formação de clareiras na vegetação; desenvolvimento rápido e grande produção de sementes confere às plantas do gênero *Panicum* a classificação como plantas pioneiras (DIAS-FILHO, 1995). Além disso, atributos como a elevada taxa de crescimento, capacidade de suportar períodos de seca e boa qualidade da forragem produzida chamaram a atenção de pecuaristas, que passaram a implantar grandes áreas de pastagens com esse capim a partir da metade do século XX (ARONOVICH, 1995).

O elevado potencial produtivo do *Panicum* vem sendo amplamente pesquisado. Segundo Santos et al. (1999) produtividades médias de 5,5; 8 e 9 ton. de MS. ha^{-1} para o cultivar Mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça) e de 4,5; 6 e 7 ton. de MS. ha^{-1} para o cultivar Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) são alcançadas por pastejo utilizando-se intervalos de 28, 38 e 48 dias respectivamente (de setembro a maio).

1.2.3 Sistemas agroflorestais

Os sistemas agroflorestais (SAFs) segundo Montagnini (1992); Nair (1989); Young (1990) são um conjunto de formas de uso da terra e manejo dos recursos naturais, nos quais espécies lenhosas (árvores, arbustos, palmeiras) são utilizadas em associação com cultivos agrícolas e/ou animais na mesma área, de maneira simultânea ou em uma sequência temporal. Engels (1999) por sua parte define SAFs como um sistema agropecuário diferenciado por ter um componente arbóreo ou lenhoso, o qual tem um papel fundamental na sua estrutura e função. A mesma autora indica que o principal objetivo dos SAFs é aperfeiçoar o uso da terra, conciliando a produção florestal com a produção de alimentos; conservando o solo e

diminuindo a pressão pelo uso da terra para produção agrícola. Nair et al. (2009) estima que as áreas sob sistemas agroflorestais recubram 1023 milhões de hectares em todo o mundo com potencial de sequestrar 1,9 pentagramas (Pg) de carbono nos próximos 50 anos. Considerando-se o potencial desses sistemas em reabilitar áreas degradadas de lavouras e pastagens, os sequestros de CO^2 podem ser ainda maiores (LAL, 2004). Outro ponto importante a ser citado é a formação de sistemas ecológicos mais estáveis, com menor entrada de recursos externos e maior autossuficiência.

As interações biofísicas acima e abaixo do solo em SAFs determinam a partilha e a eficiência do uso de recursos por culturas e árvores, influenciando no crescimento e na produção das plantas (ONG et al., 1991). Para Sanchez (1995), o desenvolvimento dos SAFs como ciência deve basear-se em quatro aspectos: i) interação entre seus componentes por luz, água e nutrientes (pode ser negativo-competitiva ou positivo-complementar); ii) complexidade (ecológica e socioeconômica); iii) lucratividade (produção e mercado) e iv) sustentabilidade (conservação dos recursos naturais como biodiversidade, solos, recursos hídricos e carbono). O interesse por esses tipos de sistemas se deve à necessidade de encontrar alternativas melhores para os problemas de baixa produção e degradação da terra nos trópicos.

Ainda de acordo com Nair et al. (2009), o uso potencial dos SAFs está baseado na premissa de que sistemas integrados têm maior eficiência na captura e uso dos recursos produtivos (nutrientes, radiação e água) do que sistemas de plantio de uma única espécie, resultando assim, num maior sequestro de carbono. Segundo os autores, tais conhecimentos são ainda rudimentares, fazendo com que os benefícios ambientais de baixo custo dos SAFs continuem a ser sub-apreciados e sub-explorados. Áreas de vegetação secundária sem expressão econômica e social podem ser reabilitadas e usadas racionalmente por meio de práticas agroflorestais, pois sua adoção numa determinada região pode estimular a organização social da comunidade envolvida, principalmente por promover a união dos agricultores na forma de associativismo e/ou cooperativismo (MACEDO et al, 2010).

Os sistemas agroflorestais, segundo Bernardes (2008), podem ser classificados de acordo com seus componentes em: silviagrícola ou agrossilviculturais (espécies florestais e culturas agrícolas); agrossilvipastoril

(espécies florestais, culturas agrícolas e forrageiras para alimentação animal) e silvipastoril (espécies florestais e forrageiras para alimentação animal).

1.2.3.1 Sistemas silvipastoril

Os sistemas silvipastoril (SSP) são uma das modalidades de sistemas agroflorestais. Um sistema silvipastoril é uma opção de produção pecuária que envolve a presença de plantas lenhosas perenes (árvores e arbustos), que interatuam com os componentes tradicionais (forrageiras herbáceas e animais), todos sob um sistema de manejo integral (PEZO; IBRAHIM, 1996; MAHECHA, 2002; PORFIRIO-DA-SILVA, 2009). Segundo Coelho (2009) os sistemas silvipastoris apresentam vantagens potenciais em relação aos sistemas convencionais. Quando implantados e manejados de maneira correta proporcionam melhor conforto térmico para os animais, aumentando o ganho de peso e a produção de leite. Teoricamente, os SSP podem trazer diversos benefícios para o meio ambiente quando comparados às pastagens tradicionais. Tais sistemas potencializam a melhor dinâmica hídrica, especialmente com a presença do componente florestal, estabilizando a temperatura e umidade relativa do ar e protegendo a superfície do solo. De tal modo, os SAFs em suas diversas modalidades são considerados como eficientes ferramentas de combate ao aquecimento global e às mudanças climáticas. Os componentes arbóreos atuam não somente como estabilizadores térmicos e formadores de nuvens interceptoras de radiação solar, mas, com seus resíduos vegetais sobre o solo, também atuam como interceptadores e armazenadores de águas pluviais (PRIMAVESI. 2007).

Uma informação importante a ser citada é a de que áreas consideradas improprias para agricultura ou pastagem em estádio inicial de degradação podem ser utilizadas e recuperadas por meio de sistemas silvipastoril (BALBINO et al, 2012). Diversos resultados de pesquisa comprovam a potencialidade dos sistemas silvipastoris como uma importante estratégia de desenvolvimento rural sustentável. Santos (1990) encontrou que a introdução de forrageiras apesar de não influenciar no desenvolvimento das árvores de eucalipto, favoreceu em termos de crescimento em diâmetro e altura. Ainda, as forrageiras apresentaram produções de matéria seca satisfatórias. Por outro lado, Garcia et al (1994) observaram que o desenvolvimento do eucalipto foi beneficiado pela presença da *B. decumbens*, que formou uma

barreira eficiente contra erosão, facilitando a infiltração de água no solo e reduzindo perdas por evaporação. Garcia e Andrade (2001) consideraram como excelente opção de uso da terra a intercalação das espécies *E. grandis* e *B. decumbens* na zona de mata dadas a suas características topográficas, ressaltando como SSP verdadeiros nessa região. Segundo Gontijo Neto et al (2014), as forrageiras perenes atualmente utilizadas em pastejo no Brasil (braquiárias e panicuns) são capazes de manter as mesmas produtividades em relação aos sistemas de monocultivo desde que o sombreamento não seja muito intenso. O mesmo autor afirma que no sistema SSP, além da produção animal garantida, a presença de forrageiras atua como: recicladora de nutrientes auxilia na estruturação física e aporte de matéria orgânica no solo, pode contribuir no manejo de plantas daninhas e de doenças preservando a produtividade e reduzindo custos de produção, gerando ainda, receitas mensais ou anuais até a maturação do componente florestal (GONTIJO NETO et al., 2014). No componente arbóreo, as características úteis são as de além de contribuir com a geração de renda significativa em longo prazo; atuar como quebra-vento e cria um microclima favorável na propriedade rural; garantir condições mais propícias para as pastagens e criações, possibilitando também, a diversificação de produtos na mesma unidade de área. Isso se traduz em aumento da produção, geração de empregos e, consequentemente, melhoria de renda e qualidade de vida no meio rural com reflexos positivos na qualidade de vida de toda a sociedade. O reconhecimento dos benefícios gerados por sistemas silvipastoris tem aumentado no país e vários tipos de sistemas em estudo nas instituições de pesquisa brasileiras começam a ser adotados por produtores rurais.

A presença do componente arbóreo nos sistemas silvipastoris pode influenciar de maneira diferente no desenvolvimento do estrato vegetal herbáceo. O crescimento das forrageiras em associação com espécies arbóreas pode ser prejudicado ou favorecido, dependendo de fatores como a tolerância das espécies à sombra; o grau de sombreamento proporcionado pelas árvores e a competição entre as plantas, com relação à água, luz e nutrientes no solo (RIBASKI et al., 2001). Em geral as forrageiras como as do gênero *Brachiaria* apresentam algum grau de tolerância ao sombreamento com algumas alterações morfofisiológicas, quando cultivadas à sombra, que lhes confere maior capacidade de produção quando comparado às espécies não tolerantes em ambiente de luminosidade reduzida. Por

tal razão o sombreamento mútuo inicialmente das culturas intercalares sobre as árvores e depois no sentido inverso, é a principal interação nos SSP.

Por outro lado, o uso de arranjos mais amplos e o uso de espécies florestais com copas que permitam a passagem de luz para o sub-bosque e o uso de técnicas silviculturais podem viabilizar a utilização da pastagem por mais tempo no sistema. Diversos modelos de SSPs têm sido recomendados para implantação em pastagens tropicais. Dias-Filho (2006) apresentou alguns desses modelos que se adequariam ao processo de recuperação de pastagens degradadas como descritos a seguir: plantios em linhas simples, plantios em linhas duplas, plantios de bosques, plantios ao longo das cercas e condução da regeneração natural. O espaçamento entre árvores nos sistemas silvipastoris, principalmente com bovinos, deve ser amplo, para assim permitir o estabelecimento da pastagem e comportar a presença desses animais. Para o eucalipto, o espaçamento normalmente recomendado é de 10 m entre linhas e de 4 m entre plantas nas linhas. No arranjo espacial do plantio a utilização de fileiras duplas ou triplas, de faixas ou de grupos para plantio de mudas, pode ser uma alternativa para diminuir os danos causados pelos animais e ao mesmo tempo não comprometer a produção florestal (MACEDO et al., 2010).

A viabilidade econômica dos sistemas silvipastoril foi demostrada por Nicodemo et al. (2004). Estes autores estimaram que pastagens com 200 árvores por hectare manejadas para produzir madeira para serraria poderiam adicionar cerca de R$ 300,00 ha^{-1} ano^{-1} na renda do agricultor; quando comparados com 250 e 416 árvores por hectare, apresentam melhores taxas internas de retorno do investimento efetuado, superando a renda líquida obtida nas monoculturas. Simultaneamente, Ribaski et al. (2009) confirmam que a pecuária extensiva praticada nos moldes tradicionais da região sul não apresenta viabilidade econômica. A receita total para esta alternativa é insuficiente para cobrir os custos de produção. Além do que, os sistemas silvipastoris possibilitam a geração de emprego e incremento da renda com maior eficiência que a pecuária tradicional, e, consequentemente, maior tendência para oferecer a sustentabilidade social e econômica.

1.2.3.2 Disponibilidade de radiação solar nos SSPs

A radiação solar exerce marcante influência no crescimento e reprodução das pastagens. A quantidade de energia disponível para a produção forrageira varia com

a latitude, hora do dia, estação do ano e limpidez atmosférica. A intensidade da radiação direta é ainda proporcional ao seno do ângulo de elevação solar com uma superfície horizontal (BLACK, 1957; LUDLOW, 1978). Desde que os demais fatores (temperatura, agua, nutrientes) permaneçam favoráveis, o máximo de produção será obtido com a maior eficiência de utilização da energia luminosa pelas folhas. A captação de luz pelas outras superfícies (colmos, pecíolos, bainhas, inflorescências) contribui em diferentes graus para a economia da planta (BROWN; BLASER, 1968), mas sua avaliação geralmente não é considerada no cômputo da fotossíntese global das pastagens sendo na maioria dos casos, considerada como o menor fator limitante da produção (SPEDDING, 1971).

A captura da energia radiante pelo relvado depende do arranjo espacial de suas partes aéreas e da eficiência fotossintética de cada espécie na comunidade botânica do pasto. As entradas de energia no sistema que estabelecem o seu potencial de produção podem ser avaliadas pelas superfícies fotossinteticamente ativas por unidade de área do solo, podendo ser mesurado pelo índice de área foliar (IAF), que relaciona área de folha com a área ocupada pelas plantas (WATSON, 1947) dando à mesma uma expressão quantitativa.

A radiação solar exerce influência particularmente importante em processos fisiológicos e metabólicos, assim como na anatomia foliar, considerando os estádios juvenil e adulto das plantas. A intensidade luminosa além de importante na fotossíntese tem grande influência sobre a estrutura geral de folhas, colmos e raízes. Segundo Castro et al. (1998), as plântulas desenvolvidas em baixa irradiância em contraste com aquelas em pleno sol, possuem entrenós mais longos, colmos mais finos, folhas mais delgadas e sistema radicular menos desenvolvido. Ainda, essas plantas possuem células parenquimatosas mais volumosas e de paredes mais delgadas, tecidos vasculares com menor número de células e elementos traqueários menos lignificados em relação às plantas expostas a plena radiação solar. Por outro lado, Jackson e Palmer (1979) mencionam que o fluxo radiante diminui exponencialmente à medida que atravessa o dossel multi-estratificado de um ecossistema florestal. Portanto, o arranjo espacial de folhas e ramos, sua densidade foliar, e o ângulo de inserção das folhas, são fatores ligados à estrutura do dossel, que contribuem para atenuar e filtrar seletivamente a radiação incidente, modificando qualitativa e quantitativamente a densidade do seu fluxo, conforme atravessa os sucessivos estratos (MARTINEZ-RAMOS, 1985; HOPKINS, 1995). Desse modo, as

plantas precisam se adaptar de acordo com as condições de radiação incidente durante sua morfogênese (LARCHER, 2000).

Existindo condições mínimas, a radiação solar é o fator mais importante na determinação das taxas de crescimento vegetal e de sua produtividade (BERNARDES et al., 1999a). Röhrig et al. (1999) estimaram que o crescimento das plantas mediante modelos matemáticos depende em grande parte do cálculo da radiação solar disponível e interceptada pelo dossel vegetativo. Dada a complexidade de se trabalhar com modelos tridimensionais, usualmente são feitas aproximações assumindo-se uma distribuição homogênea das folhas, tanto vertical como horizontalmente (MONSI; SAEKI, 1953; de WIT, 1965; DUNCAN et al., 1967). Existindo assim, normalmente, uma superestimativa do crescimento vegetal dado o tempo necessário para o fechamento das copas nas mais diferentes monoculturas e em especial em áreas com espaçamento e copas heterogêneas. Há uma significativa quantidade de radiação i) passando através das copas e sendo parcialmente interceptada pelas folhas e troncos como, ii) passando diretamente sem interferência até o nível do solo (*sunfleck*) (RÖHRIG et al., 1999).

Alguns estudos em parcelas indicaram que o crescimento máximo de gramíneas temperadas e tropicais, tolerantes ao sombreamento, foi obtido com 40 a 70% de transmissão de luz. Dessa forma concluiu-se que em SSPs a densidade de árvores não deve ultrapassar 40 a 50% de cobertura na área de pastagem, devendo ser selecionadas as espécies de árvores de arquitetura adequada (CARVALHO et al., 2002).

Estudos realizados por Monteith et al. (1991) obtiveram uma taxa de acúmulo de matéria seca média de 1,4 $g.MJ^{-1}$ de radiação interceptada para diversas culturas. Vários trabalhos com o objetivo de analisar a relação entre radiação solar interceptada e matéria seca produzida confirmaram que a fitomassa das culturas é efetivamente proporcional à quantidade de radiação interceptada pelo dossel. Tem-se demonstrado esta relação para diferentes culturas como, por exemplo, soja (SHIBLES; WEBER, 1965; BERNARDES et al., 1998b), milho (WILLIAMS et al., 1965), algodão (BAKER; MEYER, 1966) e feijão (RIGHI, 2000). Segundo Black e Ong (2000), o acúmulo de fitomassa pode ser linearmente relacionado com a interceptação da radiação solar pelo dossel da cultura, sendo a última determinada pelo IAF (LOOMIS; CONNOR, 1992). Pinto (2002) confirmou tais resultados encontrando correlações altamente significativas entre matéria seca e IAF em cana-

de-açúcar. De um modo diferente, Righi (2005), ao estudar a interceptação e uso da radiação por cafeeiros em sistema agroflorestal com seringueiras, observou uma saturação de copa dos cafeeiros submetidos a 50% da radiação disponível. Os cafeeiros não apresentaram maiores acúmulos em fitomassa com o aumento na disponibilidade de radiação comprovando-se sua plena adaptação a sistemas consorciados e condições de sub-bosques.

Fisiologistas e ecologistas há muito argumentam que o entendimento dos processos e mecanismos envolvidos na captura dos recursos e seu uso, e das suas interações com o ambiente é de fundamental importância para o desenvolvimento de sistemas produtivos mais sustentáveis (WILLEY; REDDY, 1981; ONG et al., 1996). Desta maneira, Morais et al. (2003) confirma que os efeitos do sombreamento sobre a fisiologia das espécies são importantes na determinação dos níveis ótimos de radiação e temperatura, fundamentais no processo fotossintético. Portanto, o estudo das respostas fisiológicas às diferentes intensidades de sombreamento e interações árvore-cultura pode auxiliar na determinação da composição de espécies e manejo dos SSP (CANNEL, 1976; BAGGIO et al., 1997).

O presente trabalho tem como hipótese a existência de intensidades de radiação solar que as culturas precisam no acúmulo de fitomassa da forragem de um sistema silvipastoril e do eucalipto numa monocultura. Sendo assim, o estudo visou avaliar o acúmulo de fitomassa arbórea e de pastagem em relação à radiação solar em duas situaçoes, plantíos puros e em um sistema silvipastoril.

Referências

ADAMI, M.; RUDORFF, B.F.T.; FREITAS, R.M.; AGUIAR, D.A.; MELLO, M.P. Remote sensing time series to evaluate direct land use change of recent expanded sugarcane crop in Brazil. **Sustainability**, Basel, v. 4, n. 4, p. 574-585, 2012.

ALVIM, M.; BOTREL, M.; XAVIER, D. **As principais especies de *Brachiaria* utilizadas no País.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2002. 4 p. (Comunicado Técnico, 22).

ARANOVICH, S. O capim colonião e outros cultivares de Panicum maximum (Jack.): Introdução e evolução do uso no Brasil. In: SIMPOSIO DE MANEJO DE PASTAGENS - O CAMPIM COLONIÃO 12., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 1-20.

BAGGIO, A.J.; CARAMORI, P.H.; ANDROCIOLI FILHO, A.; MONTOYA, L. Productivity of southern Brazilian coffee plantations shaded by different stocking of *Grevillea robusta*. **Agroforestry Systems**, Cham, v.37, n. 2, p. 111-120, 1997.

BAKER, D.N.; MEYER, R.E. Influence of stand geometry on light interception and net photosynthesis in cotton. **Crop Science**, Madison, v.6, p. 15-19, 1966.

BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.A.M.; OLIVEIRA, P. de; KLUTHCOUSKI, J.; GALERANI, R.P.; VILELA, L. **Agricultura sustentavel por meio da integração-lavoura-pecuaria-floresta (ILPF).** Piracicaba: International Plant Nutrition Intitute, 2012. 18 p. (Informações Agronômicas, 138).

BERNARDES, M.S. Sistemas agroflorestais. In: SEMANA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM AGROPECUÁRIA, 33., 2008, Jaboticabal. **Palestra...** Jaboticabal: UNESP, 2008. 233 p.

BERNARDES, M.S.; FURIA, L.R.R.; TERAMOTO, E.R.; BERNARDO, K.T. Interações abaixo da superfície do solo em sistema agroflorestal de seringueira (*Hevea brasiliensis*) e milho (*Zea mays*). In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2., 1998, Belém. **Resumos expandidos...** Belém: Embrapa CPATU, 1998a. p. 14-16.

BERNARDES, M.S.; GOUDRIAAN, J.; CÂMARA, G.M.S.; DOURADO-NETO, D. Tree-crop interactions in agroforestry system of rubber with soybean and maize. In: CONG. OF THE EUROPEAN SOCIETY FOR AGRONOMY, 5., 1998, Nitra. **Short communications…** Nitra: ESA, 1998b. v. 2, p. 125-126.

BLACK, C.; ONG, C. Utilization of light and water in tropical agriculture. **Agricultural and Forest Meteorology,** Nairobi, v. 104, p. 25-47, 2000.

CANNEL, M.G.R. Crop physiological aspects of coffee bean yield. **Kenya Coffee,** Nairobi, v. 41, n. 484, p. 245-253, 1976.

COAN, M.R.; REIS, A.R. **Capacidade de suporte:** você sabe calcular? Jaboticabal: Consultoria Avançada em Pecuária, 2015. 5 p.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTAVEL; AGÊNCIA ALEMÃ PARA A COOPERAÇÃO INTERNACIONAL. **Natural capital risk exposure of the financial sector in Brazil**. 2015. Disponível em: <http://cebds.org/wp-content/uploads/2015/07/GIZ-Natural-Capital-Risk-Exposure.pdf>. Acesso em: 25 set. 2015.

COELHO, R.; DE OLIVEIRA, L. **Ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável do sudoeste da Amazônia.** Rio Branco: Embrapa Acre, 2009. 455 p.

CORRÊA, L.A. **Caracteristicas agronômicas das principais plantas forrageiras tropicais**. São Carlos: Embrapa Pecuaria Sudeste, 2002. 5 p.

COSENZA, G. W.; ANDRADE, R. P. de; GOMES, D. T.; ROCHA, C. M. C. da. Resistencia de gramineas forrageiras à cigarrinha-das-pastagens cultivadas no Brasil. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira,** Brasilia, v. 24, n. 8, p. 961-968, 1989.

DA VEIGA, B.J. **Criação de gado leiteiro na zona bragantina:** manejo das pastagens. Embrapa Amazônia Oriental, 2005. (Sistemas de Produção, 2). Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/GadoLeiteiroZonaBragantina/paginas/manejop.htm>. Acesso em: 23 out. 2015.

DE WIT, C.T. **Photosynthesis of leaf canopies**. Pudoc: Wageningen, 1965. 57 p.

DIAS-FILHO, M.B. Colonião como planta pioneira. In: SIMPOSIO DE MANEJO DE PASTAGENS – O CAMPIM COLONIÃO 12., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 305-314.

_____. **Degradação de pastagens:** processos, causas e estrategias de recuperação. 2. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 173 p.

_____. Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens tropicais degradadas. Simpósios da reunião da sociedade brasileira de zootecnia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 3, p. 535-553, 2006. Suplemento especial.

_____. **Diagnóstico das pastagens no Brasil.** Belem: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 37 p. (Documentos, 402).

DUNCAN, W.G.; R.S. LOOMIS, W.A.; WILLIAMS, H.R. A model for simulating photosynthesis in plant communities. **Hilgardia,** Berkeley, v. 38, n. 4, p. 181–205, 1967.

ENGEL, V.L. **Introdução aos sistemas agroflorestais.** Botucatu: FEPAF, 1999. 70 p.

INDUSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **O setor brasileiro de árvores plantadas:** relatório anual 2015, São Paulo, 2015. 64p. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/iba_2015.pdf >. Acesso: 28 set. 2015.

INSTITUTO BRASILERIO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010:** características da população e dos domicílios Resultados do universo Brasil. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/93/cd_2010_caracteristicas_populacao_domicilios.pdf >. Acesso em 25 set. 2015.

FAO. **The state of food and agriculture**. Rome, 2013. 166 p. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/018/i3300e/i3300e.pdf>. Acesso: 26 set. 2015.

FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A. **Plantas forrageiras.** Viçosa: UFV, 2010. 537 p.

FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A.; FARIA D.J.G. Adubação em gramíneas do gênero Brachiaria: mitos e realidades In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DAS PASTAGENS, 3., 2006, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2006. p. 153-182.

GONTIJO NETO, M.M.; VIANA, M.C.; ALVARENGA, R.; SANTOS, E. dos; SIMÃO E.; CAMPANHA, M. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta em Minas Gerais. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 71, n. 2, p.183-191, 2014.

1 Palestra proferida no IV Encontro Científico de Produção Animal Sustentável em 04/10/13. Recebida para publicação

GOUDRIAAN, J. **Crop micrometeorology:** a simulation study. Wageningen: Pudoc, 1977. 249 p. (Simulation Monographs, 1).

GRACE, J.C.; JARVIS, P.G.; NORMAN, J.M. Modelling the interception of solar radiant energy in intensively managed stands. **New Zealand Journal of Forestry Science**. London, v. 17, n. 2/3, p. 193–209, 1987.

JUVENAL, T. L.; MATTOS, R, L. **O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento.** Rio de janeiro: BNDES Setorial, 2002. 29 p. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/3142/1/BS%2016%20O%20Setor%20Florestal%20no%20Brasil%20e%20a%20Import%C3%A2ncia%20do%20Reflorestamento_P.pdf>. Acesso em: 28 set. 2015.

LAL, R. Sequestration of atmospheric CO^2 in global carbon pools. **Energy & Environmental Science**, Cambridge, v. 1, n. 1, p. 86-100, 2008.

LOOMIS, R.S.; CONNOR, D.J. **Crop ecology:** productivity and management in agricultural systems. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. 538 p.

LUPA – Levantamento censitario de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo 2007/2008. São Paul: SAA, CATI, IEA, 2008. Disponível em: <http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa >. Acesso em: 20 out. 2015.

MAHECHA, L. El silvopastoreo: uma alternativa de produccion que disminuye el impacto ambiental de la ganaderia bovina. **Revista Colombiana de Ciencia Pecuaria**, Antioquia, v. 15, n. 2, p. 226-230, 2002.

MACEDO, R.L.G.; VALE, A.B.; VENTURIN, N. **Eucalipto em sistemas agroflorestais.** Lavras: Ed. UFLA, 2010. 331 p.

MONTAGNINI, F. **Sistemas agroforestales:** principios y aplicaciones en los trópicos. San Jose: IICA, 1992. 622 p.

MONTEITH, J.L. Light distribution and photosynthesis in field crops. **Annals of Botany**, Oxford, v. 29, n. 113, p. 17-37, 1965.

_____. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. **Journal of Applied Ecology,** London, v. 9, p. 747-766, 1972.

MONTEITH, J.L.; ONG, C.K.; CORLETT, J.E. Microclimatic interactions by in agroforestry systems. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 45, p. 31-44, 1991.

MONSI, M.; SAEKI, T. Über den lichtfaktor in den planzen-gesell-schaften und seine bedeutung für die Stoffproduktion. **Japanese Journal of Botany**, Ibaraki, v. 14, p. 22-52, 1953.

MORAIS, H.; MARUR, C.J.; CARAMORI, P.H.; RIBEIRO, A.M.A.; GOMES, J.C. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 38, n. 10, p. 1131-1137, 2003.

NAIR, P.K.R. **Agroforestry systems in the tropics.** Dordrecht: Kluwer Academic, 1989. 664 p.

NAIR, P.K.R.; KUMAR, B.M.; NAIR, V.D. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science** – Zeitschift fur Pflanzenernahrung und Bodenkunde, Tharandt, v. 172, n. 1, p. 10-23, 2009.

NICODEMO, M.L.F.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; THIAGO, L.R.L.S.; GONTIJO NETO, M.M.; LAURA, V. **Sistemas silvipastoris:** introdução de árvores na pecuaria do Centro-Oeste brasileiro. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2004. 37 p. (Documentos, 146).

OLIVETTE, M.P.A.; NACHILUK, K.; FRANCISCO, V.L.F.S. Análise comparativa da área plantada com cana-de-açúcar frente aos principais grupos de culturas nos municípios paulistas, 1996-2008. **Informações Econômicas,** São Paulo, v. 40, n. 2, p. 42-59, 2010.

ONG, C.K.; CORLETT, J.E.; SINGH, R.P.; BLACK, C.R. Above and below-ground interactions in agroforestry systems. **Forest Ecology and Management,** Amsterdam, v. 45, p. 45-57, 1991.

ONG, C.K.; CORLETT J.E.; MARSHALL F.M.; BLACK, C.R. Principles of resource capture and utilization of light and water. In: ONG, C.K.; HUXLEY, P. (Ed.). **Tree-crop interactions:** a physiological approach. Wallingford: CAB International, 1996. chap. 4, p. 73-158.

PARSONS, J.J. Spread of African pasture grasses of the american tropics. **Journal of Range Management**, Arizona, v. 25, n. 1, p. 12-17, 1972.

PEZO, D.; IBRAHIM, M. **Sistemas silvipastoriles:** proyecto agroforestal CATIE/GTZ. Turrialba: CATIE, 1998. 258 p. (Modulo de Enseñanza Agroforestal, 2).

PINTO, L.F.G. **Avaliação do cultivo da cana-de-açúcar em sistemas agroflorestais em Piracicaba, SP.** 2002. 116 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

PORFIRIO-DA-SILVA, V. O sistema silvipastoril e seus benefícios para a sustentabilidade da pecuária. In: SIMPOSIO ABCZ-CNPC PECUARIA SUSTENTÁVEL, 2009, Uberaba. **Palestra...** Uberaba. 2009. 11 p.

PRIMAVESI, O. **A pecuaria da corte brasileira e o aquecimento global.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. 42 p. (Documentos, 72).

RIBASKI, J. **Sistemas agroflorestais pecuários:** algumas experiências desenvolvidas no Brasil. Colombo: Embrapa, 2006. 7 p.

RIBASKI, J.; RAKOCEVIC, M. Disponibilidade e qualidade da forragem de braquiária (*Brachiaria bryzantha*) em um sistema silvipastoril com eucalipto (*Eucalyptus citriodora*) no noroeste do estado do Paraná**.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 4., 2002, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC, 2002. 1 CD-ROM.

RIBASKI, J.; MONTOYA, L.J.V.; RODIGHERI, H.R. Sistemas agroflorestais: aspectos ambientais e socioeconômicos. **Informe Agropecuário,** Belo Horizonte, v. 22, n. 212, p. 61-67, 2001.

RIGHI, C.A. **Interações ecofisiológicas acima e abaixo do solo em um sistema agroflorestal de seringueira (*Hevea brasiliensis*) e feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*).** 2000. 130 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2000. 130 p.

_____. **Avaliação ecofisiológica do cafeeiro (*Coffea* spp.) em sistema agroflorestal e em monocultivo.** 2005. 101 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2005. 101 p.

ROCHA, G.L. **Ecossistemas de pastagens:** aspectos dinâmicos. Piracicaba: FEALQ, 1991. 391 p.

RÖHRIG, M.; STÜTZEL, H.; ALT, C. A three-dimensional approach to modeling light absorption in heterogeneous canopies. **Agronomy Journal,** Madison, v. 9, n. 6, p. 1024-1032, 1999.

SANTOS, P.M.;CORSI, M.; BALSALOBRE, M.A.A. Efeito da frequência de pastejo e da época do ano sobre a ´produção e qualidade de *Panicum maximum* cvs. Tanzânia e Monbaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n .2, p. 244-249, 1999.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **Fatos e números do Brasil florestal**. São Paulo, 2006. Disponível em: <http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/SBS-2005.pdf>. Acesso em: 28 set. 2015.

_____. **Fatos e números do Brasil florestal.** São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.sbs.org.br/FatoseNumerosdoBrasilFlorestal.pdf>. Acesso em: 28 set. 2015.

SHIBLES, R.M.; WEBER, C.R. Leaf area, solar radiation interception, and dry mater production by various soybean planting patterns. **Crop Science**, Madison, v. 6, p. 55-59, 1965.

SILVA, S.P. **Flores do alimento**. São Paulo: Empresa das Artes. 1997. 185 p.

STEEL, R.G.D; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics.** New York: McGraw-Hill, 1960. 481 p.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Foreign Agricultural Service. **Market and trade data:** trade reports archives. 2013. Disponível em: <http://www.fas.usda.gov/livestock>. Acesso em: 23 ago. 2015.

WILLIAMS, W.A.; LOOMIS, R.S.; LEPLEY, C.R. Vegetative growth of corn as affected by population density. I. Productivity in relation to interception of solar radiation. **Crop Science**, Madison, v. 5, p. 211-215, 1965.

WILLEY, R.W.; REDDY, M.S. A field technic for separating above-and bellow interactions in intercropping and experiment with pearl millet groundnut. **Experimental Agriculture.** Cambridge, v. 17, p. 257-264, 1981.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**, Nairobi: ICRAF. 1990. 276 p.

ZULUAGA, A. **Sistemas silvipastoriles como herramienta para La adaptacion y mitigacion al cambio climático:** presentacion proyecto ganaderia colombiana sostenible. Bogota: Editora, 2012. 51 p.

2 DISPONIBILIDADE MENSAL DA FITOMASSA DA FORRAGEM EM FUNÇÃO DO GRAU DE COBERTURA DO DOSSEL EM SISTEMAS SILVIPASTORIS

Resumo

Os altos índices de degradação das pastagens e por consequência, a diminuição da capacidade de suporte, faz com que a pecuária seja uma das atividades produtivas mais criticadas no país. Por outro lado, as áreas de florestas plantadas no Brasil mostram a cada ano uma melhor produtividade e sustentabilidade. Em muitos casos observa-se a presença de forrageiras no sub-bosque de plantios florestais. Existindo, no entanto, poucos estudos que relacionem a disponibilidade no sub-bosque conforme o grau de cobertura, permitindo aumentar a capacidade de suporte das pastagens e suprimir a falta deste recurso em épocas de queda de produção. Neste sentido, faz-se necessária a análise da presença das pastagens no sub-bosque das monoculturas florestais, quantificando sua disponibilidade em função do grau de cobertura do dossel. Um bom manejo possibilitaria a obtenção de uma renda adicional nas áreas anteriormente não utilizadas para a pecuária. O objetivo desse estudo foi avaliar a variação mensal da fitomassa da forragem presente no sub-bosque de plantios florestais de acordo com o grau de cobertura do dossel e estabelecer comparação à pastagem a pleno sol. O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Ciências Florestais de Anhembi/SP (ESALQ-USP). Os tratamentos utilizados para este estudo foram plantações de *E. urograndis*, *E. citriodora* e *P. tecunumanii*. As avaliações foram realizadas entre maio/2014 e abril/2015 mensalmente. Foram definidas três parcelas de 50 m x 30 m para o inventário florestal e duas de 50 m x 10 m para a avaliação da pastagem. Os resultados mostraram que a gramínea *P. tecunumanii* foi a que apresentou o dossel mais fechado, com 95,6% do índice de cobertura relativa do dossel (lCRD); seguido pelo *E.urograndis* 92,1%. *citriodora* com 91,5% respectivamente. Por outro lado, a produção de forragem foi maior no talhão do *E.urograndis* com 2,2 ton. MS. ha^{-1}. ano^{-1}, seguido pelo *E.citriodora* com 0,9 ton. MS. ha^{-1}. Ano^{-1} e *P. tecunumanni* com 0,6 ton. MS. ha^{-1}. ano^{-1}. Também foi observada uma relação entre área basal e fitomassa (R^2 = 0,97). Dessa forma, o talhão E. urograndis foi o que demonstrou maior disponibilidade de fitomassa forrageiro apesar do alto grau de cobertura.

Palavras-chave: Disponibilidade de forragem; Grau de cobertura; Área basal

Abstract

The high rates of degradation of pastures and consequently the reduction of carrying capacity, makes that cattle farming been one of the productive activities most criticized in the country. On the other hand, the areas of planted forests in Brazil show every year better productivity and sustainability. In many cases it is observed the presence of forage understory of forest plantations. Existing, however, few studies that related availability in the understory and degree of coverage, allowing increasing the carrying capacity of pastures and suppressing the lack of this feature production in fall seasons. In this sense, it is necessary to quantify the presence of grasslands in the understory in forest monocultures, quantifying their availability

according to the degree of canopy cover. A good management would enable to obtain an additional income in areas where before were not used for livestock. The aim of this study was to evaluate the monthly variation of the biomass of this forage in the understory of forest plantations according to the degree of canopy cover and establish comparison to pasture in full sun. The experiment was conducted at the Experimental Station of Forest Sciences Anhembi / SP (ESALQ-USP). The treatments for this study were E. urograndis plantations, E. citriodora and *P. tecunumanii*. The evaluations were conducted between May / 2014 and April / 2015 monthly. 3 plots were set of 50 m x 30 m for forest inventory and two of 50 m x 10 m for the evaluation of the pasture. The results showed that the grass *P. tecunumanii* presented the most closed canopy, with 95,6% of the relative coverage ratio canopy (RCRC), followed by *E.urograndis* with 92,1% and *E.citriodora* with 91,5% respectively. Furthermore, the forage yield was higher in the plot of *E.urograndis* with 2.2 ton. $MS.ha^{-1}.year^{-1}$, followed by *E.citriodora* with 0.9 ton. $MS.ha^{-1}.year^{-1}$ and *P. tecunumanni* with 0.6 ton. $MS.ha^{-1}.year^{-1}$. It has also been observed a link between basal area and biomass (R^2 = 0,97). This way, the *E. urograndis* plot showed the biggest availability of forage dry matter despite the high degree of coverage.

Keywords: Availability of forage; Degree of coverage; Basal area

2.1 Introdução

A consciência da importância das árvores na estabilidade ecológica e produtiva das pastagens induziu à criação de alternativas que visam conciliar a silvicultura com sistemas de produção pecuária. No caso do Brasil, as pastagens ocupam 180 milhões de hectares, mostrando uma paisagem desoladora sem o componente arbóreo (RIBASKI; RAKOCEVIC, 2002). Grande parte das áreas de pecuária apresenta algum problema de degradação, causando enormes prejuízos ambientais e econômicos, dada a extensão de área que as pastagens ocupam.

Ademais, o rápido crescimento populacional na região sudeste do Brasil com 87 habitantes/km^2 (IBGE, 2010), tem agravado o déficit de madeira para construção, produção de celulose, energia, postes, etc. Para superar a falta desse recurso, espécies de eucalipto e pinus vem sendo cultivadas, principalmente em regiões tropicais e subtropicais rurais. Dados de 2011 indicam que a área ocupada por plantações florestais no Brasil totalizou 6,5 milhões de ha, sendo 75% destinado às plantações de eucalipto e 25% para as plantações pinus (ASOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS, ABRAF, 2013).

Dentro desse cenário, é de extrema importância estabelecer sistemas de produção sustentáveis que involucrem ambas culturas; e assim adequar a falta desses produtos, melhorando a qualidade de vida da população. Os sistemas

silvipastoris que associam árvores dentro de atividade pecuária ou a criação de animais dentro de povoamentos florestais atualmente são uma opção a falta desses recursos (MACEDO et al., 2010). Isto permite manter a produtividade ou melhorar a capacidade produtiva da terra, possibilitando uma distribuição da mão-de-obra ao longo do ano. Além disso, os sistemas silvipastoris promovem a diminuição do êxodo rural, porque facilitam a sedentarizarão dos agricultores por manter o solo produtivo por longos períodos. Portanto, o eucalipto e pinus são espécies florestais usadas nesses sistemas de produção.

De acordo com Bernardes et al. (1998a), um dos principais fatores que influenciam na produtividade de qualquer cultura é a disponibilidade da radiação solar. Esta pode ser fracionada em três componentes: radiação solar direta, radiação difusa na atmosfera e radiação difusa na copa ou no dossel (FLOSS, 2002). Dessa maneira, a energia disponível em uma área para as plantas está na forma de radiação difusa, que, por não ter dependência angular de incidência, atinge o interior da copa e as partes inferiores do dossel das plantas. Carvalho (1998) analisou que a porcentagem de transmissão de luz disponível para o pasto pode ser obtida através da variação da densidade de árvores, que dependem de características tais como a arquitetura da copa e seu arranjo espacial. Espécies de copa ampla exigem maior espaçamento, porém, quando a copa for pouco densa, há maior transmissão de luz para o sub-bosque. Existe uma quantidade significativa de radiação passando pelo dossel e sendo parcialmente interceptada pelas folhas e galhos, como também passando diretamente sem interferência.

Um ponto notável para o sucesso do manejo de pastagens é o reconhecimento de que a produção de forragem concentra-se entre 7 a 8 meses do ano, uma vez que no período de seca o rendimento das pastagens reduz acentuadamente (EVANGELISTA; ROCHA, 2002). Segundo Porfírio da Silva (2009), num sistema silvipastoril (SSPs) o uso eficiente da terra (UET) pode ser de 20 a 40% superior às pastagens convencionais.

Este estudo tem por objetivo avaliar a variação mensal da disponibilidade de fitomassa da forragem e seus componentes de acordo com o grau de cobertura do dossel em diferentes espécies florestais (monocultivos), comparado com uma monocultura de pasto a pleno sol. As plantações foram formadas por *Eucalyptus urograndis, Eucalyptus citriodora, Pinus tecunumanii*.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Caracterização do experimento

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Ciências Florestais de Anhembi/SP (EECFA) administrada pelo Departamento de Ciências Florestais da ESALQ-USP. A Estação Experimental (Figura 2.1) é representativa de uma região agrícola do interior do estado de São Paulo onde prevalecem as pequenas propriedades rurais. Localiza-se a 90 km de Piracicaba (22º40' S, 48º10' W) às margens da barragem de Barra Bonita no rio Tietê a uma altitude de 455 m e abrange uma área total de 677,2 ha. É composta por 276,2 ha de áreas plantadas e constituída principalmente por plantios de eucalipto e pinus. Também mantém áreas de preservação permanente (166,9 ha) e reserva legal (136,1 ha). O relevo é plano com a predominância de latossolo e neossolo quartzarênico.

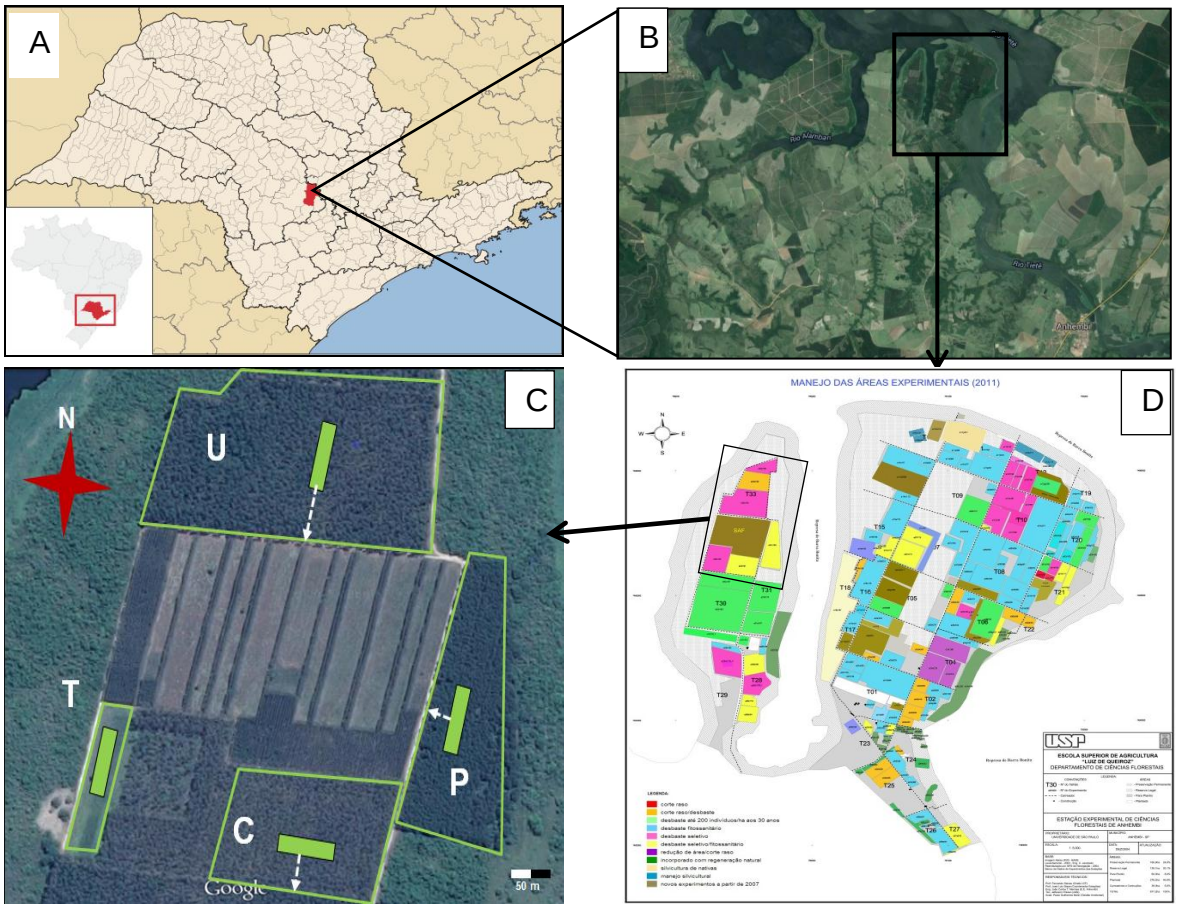


Figura 2.1 – A. Localização geográfica do experimento no Brasil – SP; B. Anhembi; Estação de Ciências Florestais de Anhembi; D. Vista aérea da localização das monoculturas florestais e a pastagem, ressaltados pelas parcelas de 50 m x 30 m (área do experimento). Tendo as seguintes espécies - U: *Eucalyptus. urograndis*; P: *Pinus tecunumanii*; C: *Eucalyptus citriodora* e T: Testemunha de pastagem – pasto a pleno sol

O clima existente na EECFA é definido como Cwa pela classificação de Köppen com estação seca de inverno e temperatura média anual de 23ºC. A temperatura mínima média do mês mais frio é de 5ºC e a temperatura máxima média do mês mais quente de 34ºC. A precipitação média anual é de 1.100 mm. Pode-se observar na Figura 2.2 a variação das temperaturas (°C) mínima, máxima, e média e da precipitação (mm) durante o período de avaliação do experimento (Maio 2014-abril 2015).

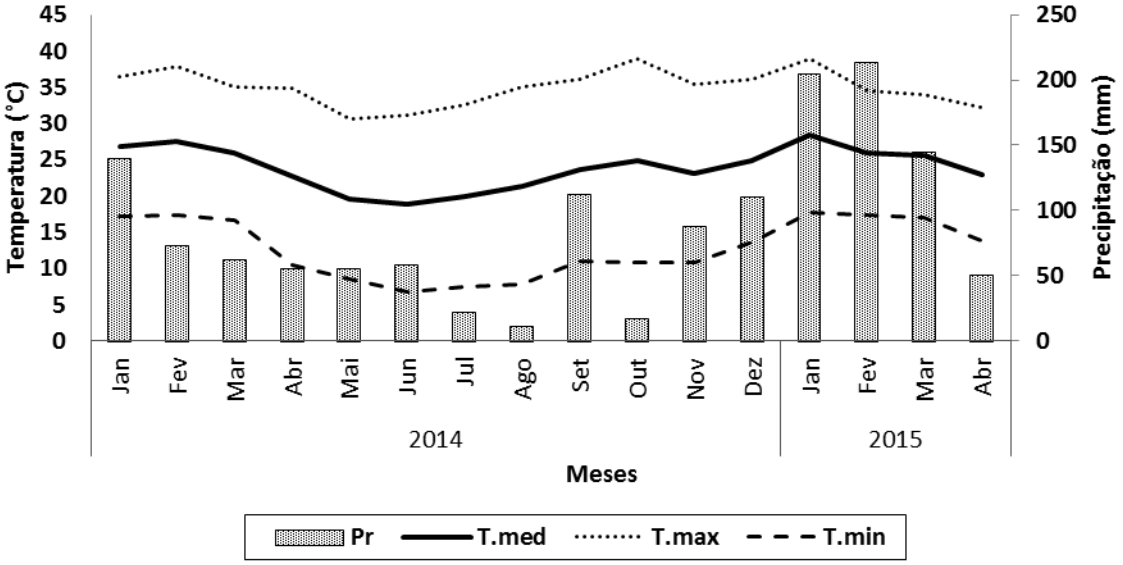


Figura 2.2 - Distribuição dos parâmetros de temperatura e precipitação durante o estudo. Pr – precipitação mensal (mm); T.med. – temperatura média do ar; T.max – temperatura média máxima; T.min – temperatura média mínima

As áreas experimentais foram selecionadas verificando-se presença espontânea, da forma mais uniforme, de pasto abaixo do dossel dos plantios florestais. Estes foram delimitados no centro cada talhão ou considerando-se 30 metros da zona de bordadura. Seguindo esses parâmetros, foram selecionadas três monoculturas florestais (tratamentos), correspondidas pelas espécies *Pinus tecunumanii* (P), em área de 5,4 ha, *Eucalyptus urograndis* (U) em área de 6,9 ha e *Eucalyptus citriodora* (C) em área de 3,3 ha; todos com aproximadamente 13 anos de idade. Os espaçamentos adotados ao início desses plantios foram de 3 m x 1,8 m; 3 m x 2 m; 3 m x 2 m, respectivamente. Durante o desenvolvimento das árvores foram realizados desbastes, resultando nos espaçamentos atuais de 3 m x 3 m; 6 m x 5 m; 4 m x 3 m nessa mesma sequência.

Como a pastagem crescia espontaneamente no sub-bosque nos plantios avaliados, em cada um selecionou-se uma área como a apresentada na Figura 2.1D. Para fins de comparação do efeito da cobertura no acúmulo de fitomassa da pastagem selecionou–se uma área a pleno sol (testemunha) de um hectare, amostrando-se a área no centro do tratamento. O experimento foi conduzido durante um ano entre os meses de maio/2014 e abril/2015.

2.2.2 Coleta de dados

2.2.2.1 Componente arbóreo

2.2.2.1.1 Avaliação das características fitométricas

Para as avaliações das características de crescimento das árvores delimitaram-se parcelas de 50 m x 30 m para o inventário florestal. As variáveis medidas no componente arbóreo foram as seguintes: altura total (m), altura da base da copa (m) (considerando-se a base da copa a altura da primeira inserção de galhos vivos de forma contínua) e diâmetro à altura do peito-DAP (cm). Para as medições foi necessário o uso de instrumentos como o clinómetro *Suunto* profissional para determinação da altura e uma suta diamétrica (100 cm) marca Haglof com precisão de 1 mm. Todas as árvores foram medidas no início do experimento. Com a posse dessas informações calculou-se a área basal ($m^2.ha^{-1}$) e o volume (m^3) do tronco de cada tratamento.

2.2.2.1.2 Estimativa do índice de cobertura relativa do dossel (ICRD)

O índice de cobertura relativa do dossel (ICRD) estimou-se dentro da parcela de 50 m x 30 m, utilizando-se um quadro reticulado de 0,5 m x 0,5 m. O quadro era formado por uma moldura de madeira na qual estava preso um fino plástico no interior desenhado de modo a formar uma grade com 100 subdivisões. Logo, se contou o número de quadriculas que estavam obscuros devido à cobertura do dossel pelas folhas, galhos e tronco. As quadrículas foram consideradas como fechadas quando mais de 50% de seu interior estava obstruído (Figura 2.3). Em cada ponto amostral foram realizadas 5 leituras, a primeira mantendo os braços esticados (90°) e segurando o quadro horizontalmente acima da cabeça. As quatro leituras

seguintes foram realizadas em direções ortogonais mantendo-se o quadro com uma inclinação de 45°. Foram realizadas três repetições caminhando em forma diagonal na parcela (Figura 2.4). Com os dados encontrados calculou-se o valor médio de cobertura do dossel expressado em porcentagem (%) por cada tratamento. Este mesmo procedimento foi realizado mensalmente em todos os tratamentos durante um ano.

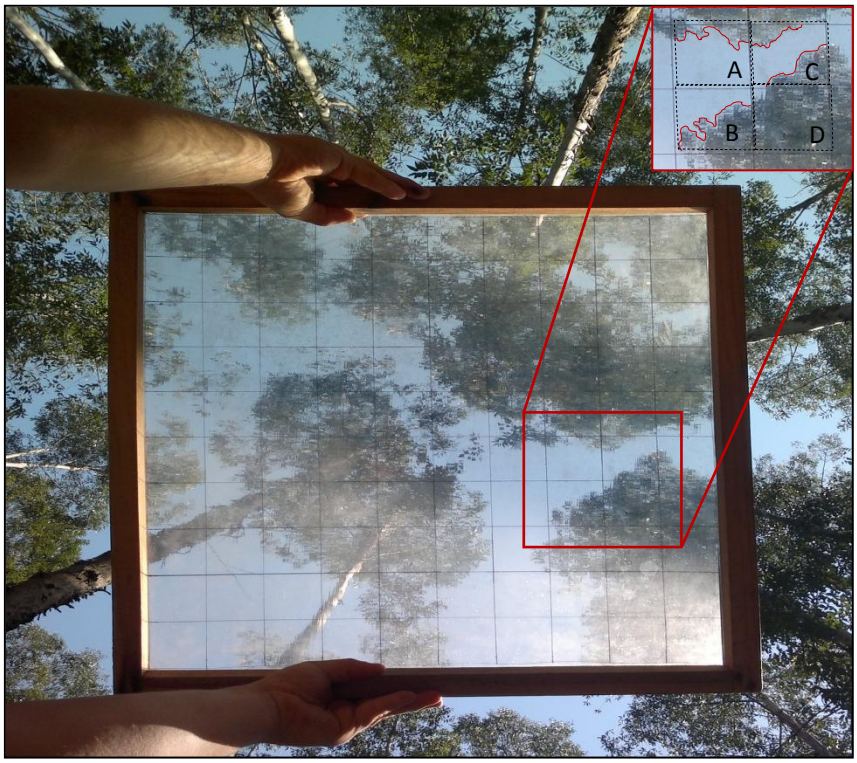


Figura 2.3 - Representação da leitura do dossel com o quadro reticulado. A e B representam quadro aberto (<50% de cobertura); C e D quadro fechado (>50% de cobertura)

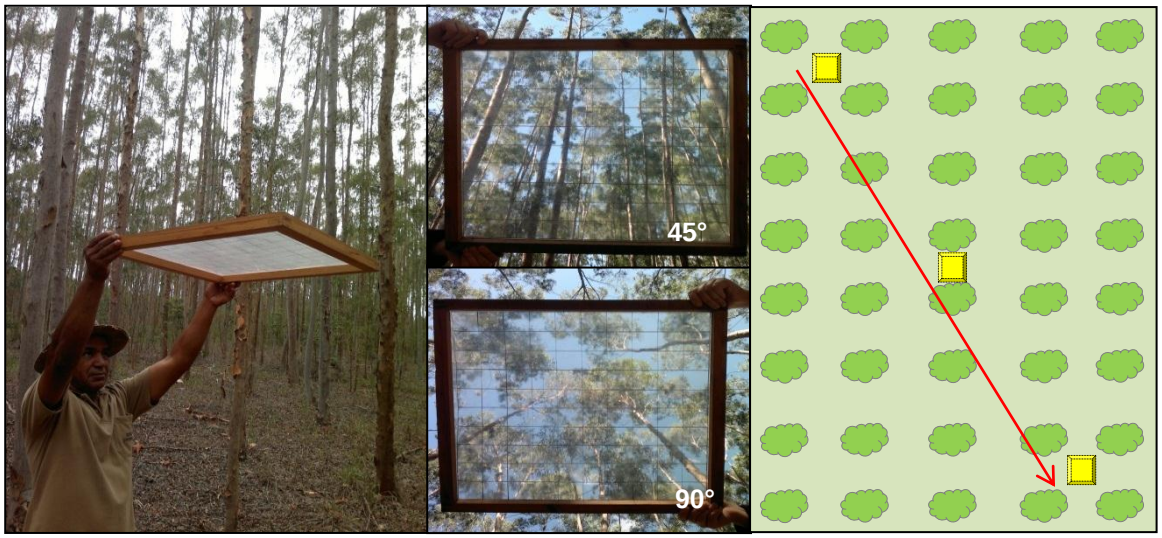


Figura 2.4 - Leituras da cobertura do dossel mediante o quadro reticulado a 45° e 90° e o numero de repetições na parcela

2.2.2.1.3 Estimativa do índice de área foliar (IAF)

Realizaram-se as estimativas do índice de área foliar (IAF) utilizando dois aparelhos LAI-2000 (Li-Cor) onde foi possível obter os dados em cada plantação, gerando o cálculo do dossel vegetal em $m^2_{cob.}m^{-2}_{solo}$. O primeiro aparelho permanecia do lado de fora do dossel das árvores a pleno solo enquanto que o segundo era utilizado no caminhamento sob o dossel dentro da plantação, como se observa na Figura 2.5A. Para avaliação fora do dossel o equipamento foi programado para tomar dados a cada 15 segundos. No caso do equipamento sob o dossel foram realizadas 15 leituras com três repetições por parcela, sempre distribuídas de forma sistemática (Figura 2.5B). As medidas foram realizadas, preferencialmente, sob radiação difusa, no começo da manhã e ao final da tarde, tendo em consideração os horários das estações do ano. Os dados coletados com os aparelhos LAI-2000 foram armazenados na memória dos próprios dispositivos e processados com o software FV-2200, que através do cruzamento das Tabelas resultantes nos dois equipamentos, procedeu ao cálculo da fração de cobertura florestal. As leituras foram feitas em conjunto com as do quadro reticulado durante o ano de estudo a fim de relacioná-los.

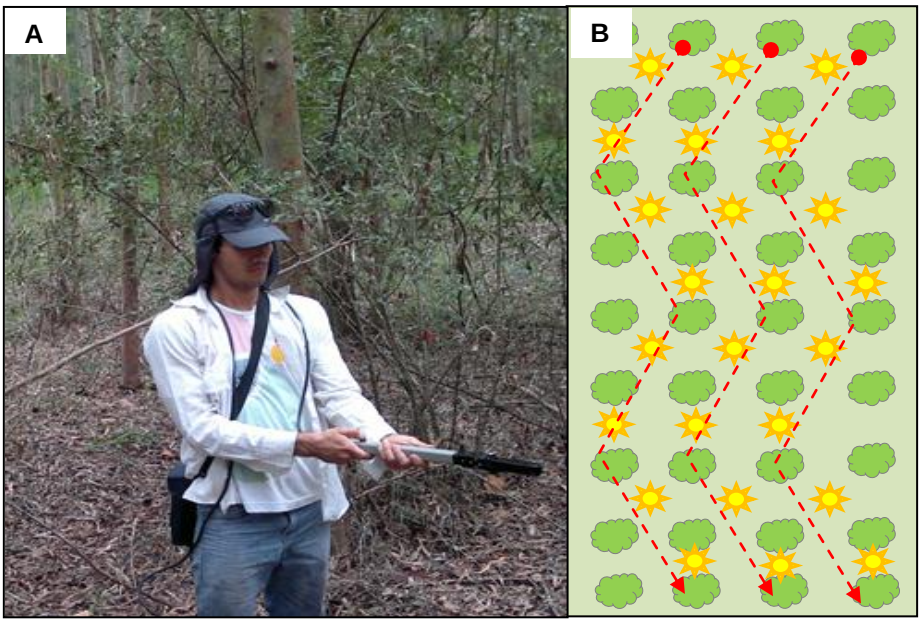


Figura 2.5 - A: Posição da estimativa leitura do índice de área foliar com o aparelho LAI-2000 na plantação de *E. citriodora*. B: Sequência sistemática das leituras com o aparelho LAI-2000 em cada plantação

2.2.2.2 Componente pastagem

2.2.2.2.1 Determinação de fitomassa

Foram estabelecidas parcelas no interior de cada talhão florestal dos transectos de 50 m x 10 m como se pode visualizar na Figura 2.1C. Foram realizadas 10 amostragens mensais em cada tratamento. A altura do pasto (cm) foi medida mensalmente durante todo o período experimental. Depois da primeira coleta se rebaixou o pasto a 0,2 m de altura com um maquinário agrícola, padronizando sua altura em todos os tratamentos. O material cortado foi removido das áreas de estudo (Figura 2.6). Na amostragem de capim usou-se uma moldura de madeira com dimensões de 0,5 m x 0,5m (0,25 m^2) (Figura 2.7). Todo o material vegetal da forragem localizado no interior do quadro foi coletado e colocado em sacos de papel devidamente codificados, esse procedimento foi realizado no Laboratório de Ecofisiologia e Silvicultura (LEFS) do Departamento de Ciências florestais da ESALQ.

Para determinar a presença de diferentes tipos de capins foram retiradas amostras as quais foram gentilmente identificadas com a intermediação da Dra.

Maria Luiza Nicodemo na sede de Embrapa Pecuária Sudeste – Fz. Canxim em São Carlos/SP.

Figura 2.6 - Rebaixamento da pastagem a 20 cm de altura. A. Nivelamento dos tratamentos no sub-bosque; B. Nivelamento no tratamento a pleno sol

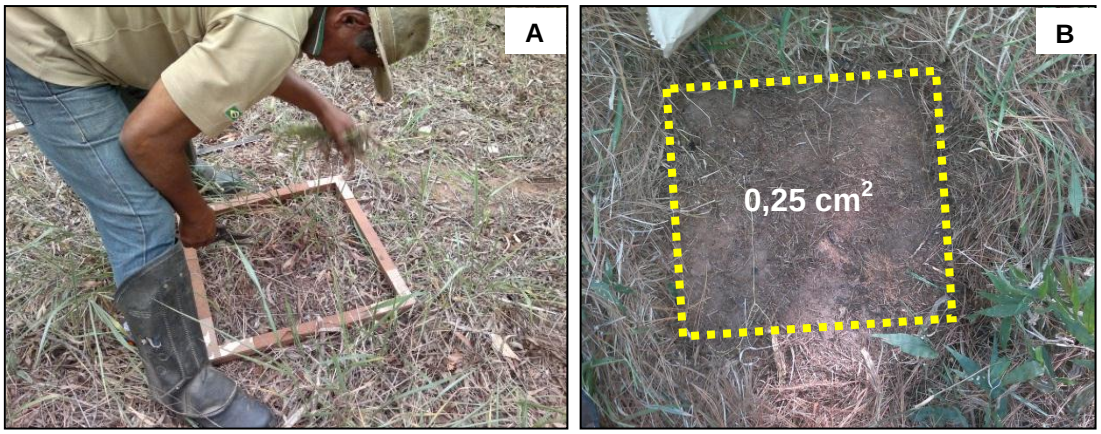


Figura 2.7 - A. Unidade de localização amostral e coleta do pasto. B. Visualização finalizada a coleta

2.2.2.2.2 Separação dos componentes e determinação da massa seca

As amostras de fitomassa coletadas foram posteriormente levadas ao Laboratório de Ecofisiologia e Silvicultura (LEFS) no departamento de Ciências Florestais da ESALQ – USP onde se procedeu a separação dos componentes do pasto em folha, caule e material morto (Figura 2.8A). Assim, uma vez separados, cada componente foi colocado numa sacola de papel com a respectiva identificação e levado para a secagem em uma estufa com circulação e renovação de ar modelo TE-394/2, a uma temperatura de 65°C até atingir peso constante. Em seguida,

pesou-se o material vegetal numa balança de precisão de duas casas decimais (marca Adventure TM, modelo ARC120) para obter-se assim a matéria seca da forragem (Figura 2.8B). Posteriormente à coleta dos dados, calculou-se a fitomassa total da forragem (kg MS. $ha^{-1}.ano^{-1}$) para cada um dos componentes (folha, caule, material morto) e por tratamento (Figura 2.8C).

Figura 2.8 - A. Separação do material vegetal. B. Pesagem dos componentes. C. Processamento de dados

2.2.2.2.3 Estimativa da área foliar específica (AFE)

Após a separação do material vegetal utilizou-se das folhas para estimar a área foliar específica (AFE – $m^2.kg^{-1}$). Estas foram cortadas com um furador de aço com oito mm^2 de diâmetro de modo a obter-se entre 5-10 discos por cada amostra (Figura 2.9). Com a obtenção dos discos, estes foram alocados numa sacola de papel com a respectiva identificação e levados a estufa junto com os outros componentes, até atingir peso constante. Logo após, pesou-se numa balança analítica marca Adventure modelo AUY-220 e com precisão de 0,01g. Após o processamento dos dados, calculou-se o AFE em $m^2.kg^{-1}$ para cada tratamento e sua variação durante o tempo de estudo.

Figura 2.9 - Procedimento de corta dos discos folhares com auxilio de um furador de aço para obtenção da área foliar especifica

2.4 Resultados e Discussão

2.4.1 Componente arbóreo

Na Tabela 2.1 se mostra os valores médios das variáveis avaliadas para cada talhão. Para o caso do eucalipto urograndis este apresentou maiores valores em DAP, altura total, e volume, com valores de 27,27 cm; 38,48 m e 212,45 $m^3.ha^{-1}$ respectivamente. Em contrapartida, mostrou menor a área basal com 21,72 $m^2.\ ha^{-1}$. Para o caso do talhão de *Eucalyptus citriodora* este mostrou menores valores em DAP e volume com valores de 18,77 cm e 164,37 $m^3.ha^{-1}$ respectivamente. Finalmente o talhão *Pinus tecunimanii* apresentaram a maior área basal com 37,23 $m^3.ha^{-1}$. A sua vez E. urograndis mostrou maior diâmetro de copa com 9,44 m em referência ao *E. cirtriodora* e *P. tecunumanii* que tiveram menor diâmetro de copa e não apresentaram diferença entre seus valores; estes foram 6,95 m e 6,25 m respectivamente.

Tabela 2.1 – Variáveis fitométricas dos tratamentos

Tratamento	**DAP (cm)**	**Altura total (m)**	**Diâmetro de copa (m)**	**Área Basal ($m^2.ha^{-1}$)**	**Volume ($m^3.ha^{-1}$)**	**N° Árv.ha^{-1}**	**Área total (ha)**
E. urograndis	27,27	38,48	9,44	21,72	212,45	376	6,9
E. citriodora	18,77	26,39	6,95	23,65	164,37	833	3,3
P. tecunumanii	20,46	21,21	6,25	37,23	199,72	1111	5,4

2.4.1.1 Índice de cobertura relativa do dossel (ICRD)

O índice de cobertura relativa do dossel (ICRD) mostrou um fechamento médio de 90% nos três talhões, mantendo-se assim por ao longo do estudo (maior fechamento das copas), tal como se apresenta na Figura 2.12. O *P. tecunumanni* apresentou a maior cobertura com 95.6% do ICRD; seguido de E. urograndis 92.1% e *E. citriodora* 92,5% de ICRD respectivamente. Estes por sua vez, mostraram a baixa disponibilidade de forragem entre dezembro de 2014 até abril de 2015.

2.4.1.2 Estimativa do índice de área foliar (IAF)

Na Figura 2.10 se observa o comportamento médio dos valores nos variáveis índices de cobertura relativa do dossel (%) em relação ao índice de área foliar ($m^2_{solo}.m^{-2}_{cobertura}$). Para o primeiro caso, a cobertura nos três talhões foi similar, pois a tendência se manteve acima dos 80% de ICRD. Os meses de junho - outubros de 2014 estes foram variáveis até que nos meses de dezembro 2014 e abril 2015 apresentou uma tendência homogênea. De forma geral o *P. tecunumanni* e o E. urograndis tiveram os maiores ICRD. Este fechamento do dossel foi influenciado no índice de área foliar (IAF) que mostrou valores altos nesses dois talhões com 3 $m^2_{cob}.m^{-2}_{solo}$ e 1,98 $m^2_{cob}.m^{-2}_{solo}$ respectivamente. Por outro lado, o talhão do *E. citriodora* foi que teve menor IAF (1,66 $m^2_{cob}.m^{-2}_{solo}$), que resultou em menor disponibilidade de forragem somado ao fato do ambiente mais fechado no sub-bosque pelo espaçamento menor. Entre outros fatores que influenciaram no IAF, faz-se necessário citar as características estruturais da folha e da copa, que como efeito, repercute o nível de irradiância que chega embaixo do dossel e ao mesmo tempo o quanto a forrageira recebe dessa radiação.

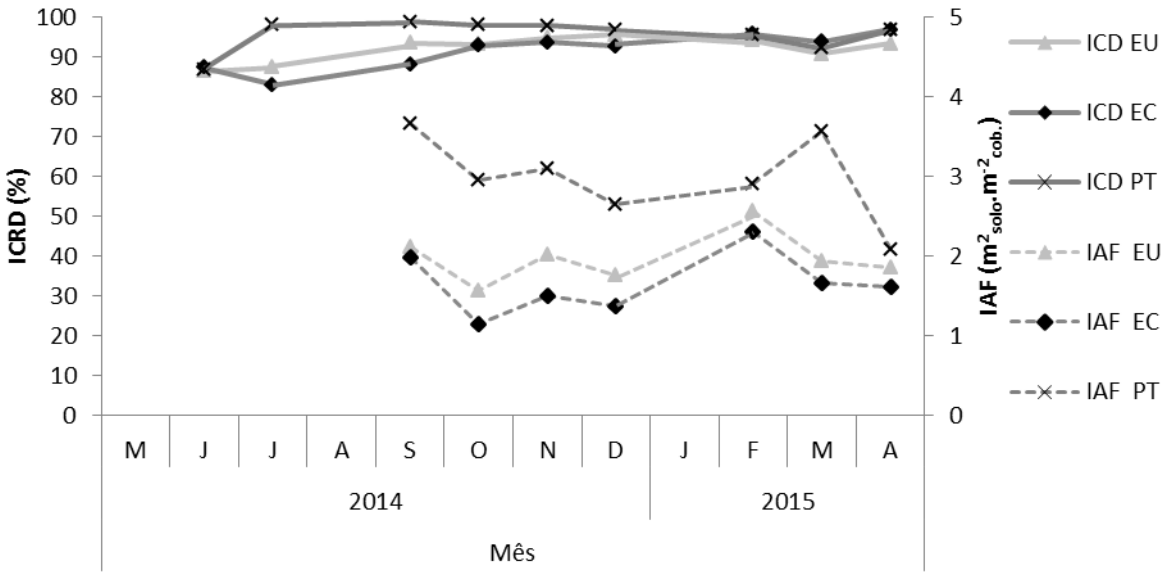


Figura 2.10 - Variação mensal do IAF em função ao índice de cobertura relativa do dossel (ICRD) dos talhões *P. tecunimanii* (PT), *E. urograndis* (EU), *E. citriodora* (EC) ao longo do período de estudo

2.4.2 Forragem

Mediante as coletas realizadas no início do experimento, identificaram- sea presença nos talhões de: *B. decumbens*, *E. urograndis* (*Eu – Bd*), *E. citriodora* (*Ec – Bd*) e da testemunha (*T – Bd*). A presença da forrageira *Panicum sp* só foi observada no sub-bosque do talhão de *P. tecunumanii* (*Pt – Ps*) como se observa na Figura 2.11, onde, no inicio do experimento, observou-se pouca presença de pasto devido ao período de seca que afetou o estado de São Paulo e que influenciou no crescimento das forrageiras nos talhões. De acordo com as observações diretas, a porcentagem de pastagem aproximada localizada em cada um dos talhões foi a seguinte: 65% no *P. tecunumanni,* 90 % no *E. urograndis* e 70% no *E. citriodora*.

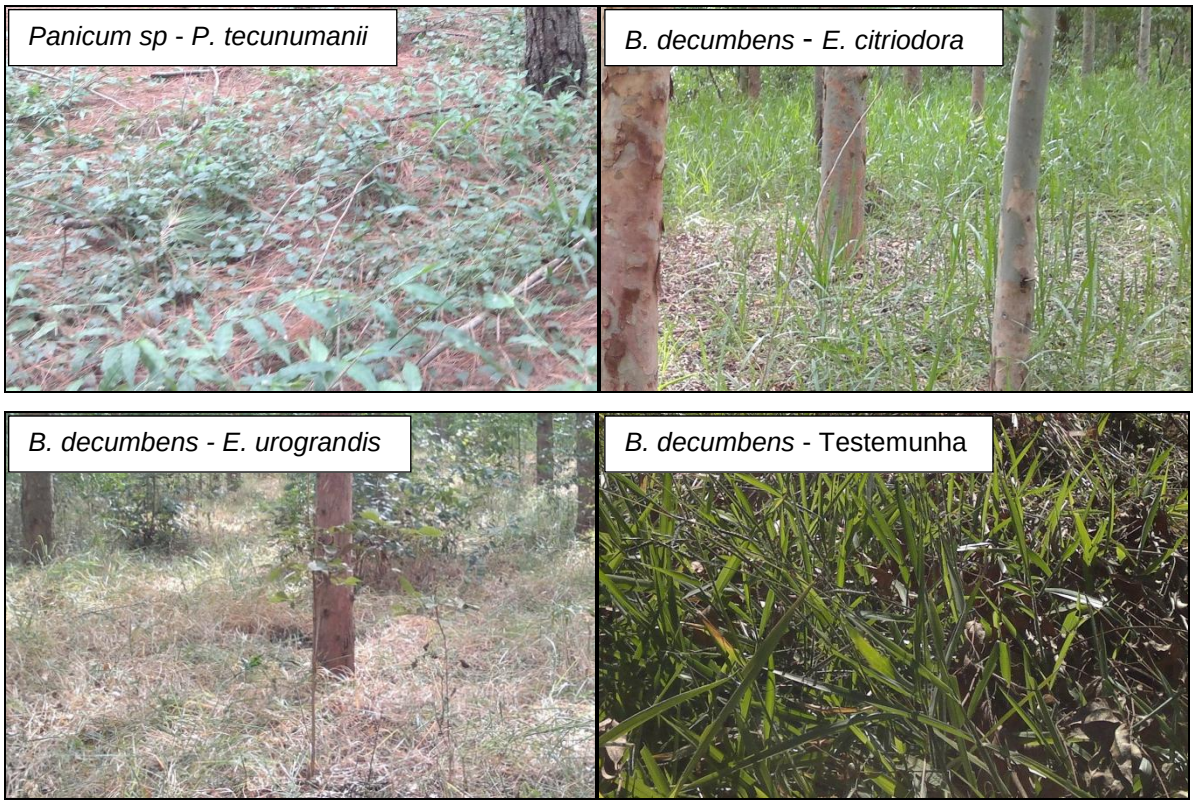
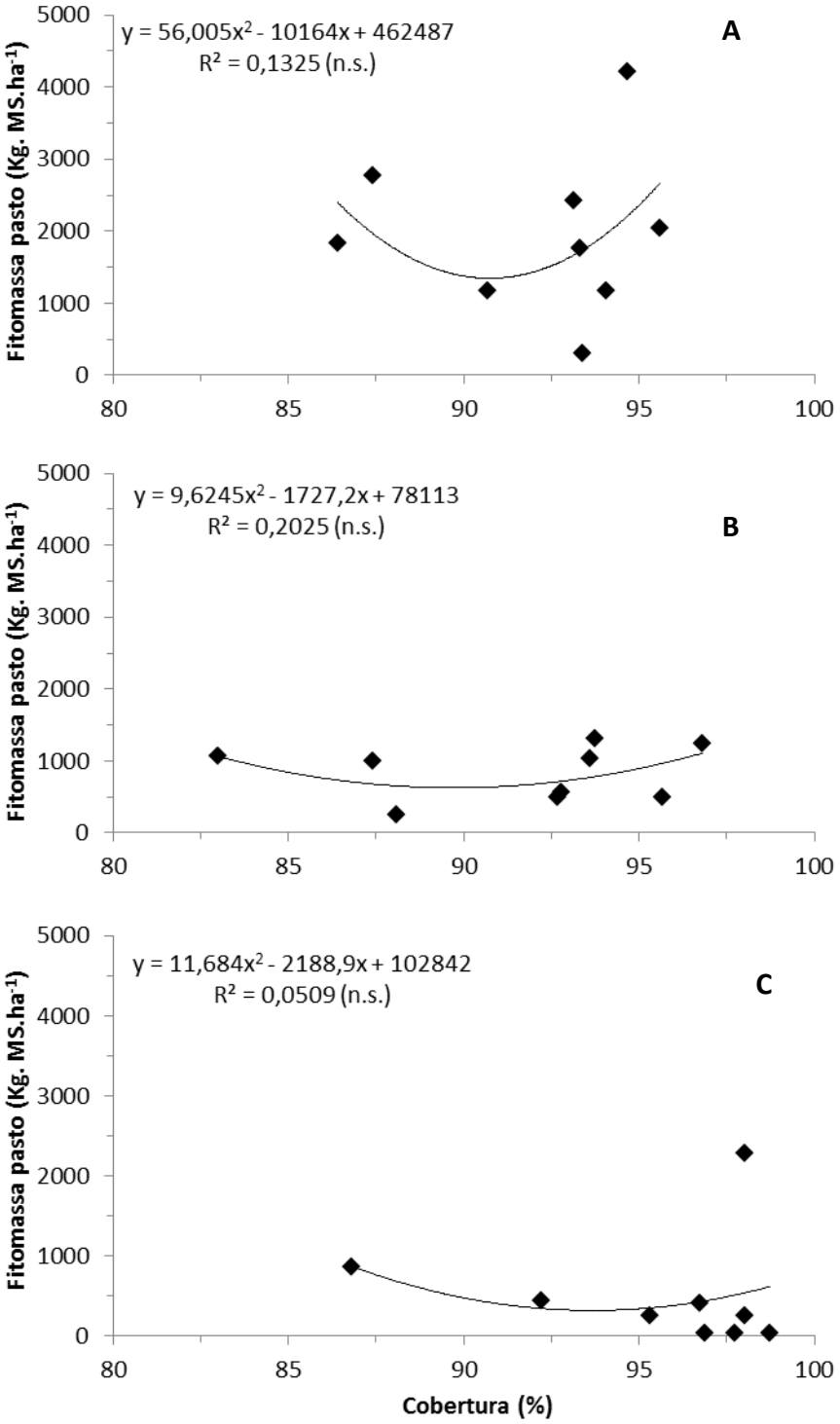


Figura 2.11 - Identificação das espécies forrageiras baixo dossel de cada tratamento, com *B. decumbens* e *Panicum* como as mais representativas

A maior disponibilidade de forragem (*B. decumbens*) foi observada no talhão do *E. urograndis* que obteve 2233 Kg MS.ha^{-1}.ano^{-1}, seguido pelo *E. citriodora* com 932 Kg MS.ha^{-1}.ano^{-1} e o *P. tecunumanii* com apenas 570 Kg MS.ha^{-1}.ano^{-1}, menor disponibilidade dentre os talhões. As análises de correlação ao 5% de probabilidade mostraram que não houve diferença significativa entre cobertura de dossel e a fitomassa em cada tratamentos mostrando uma tendência linear quadrática; como se pode observar na Figura 2.12

Um estudo realizado por Thomas e Cansio (2015) com 25,7% de cobertura de árvores *Populus spp.* e *Salix spp.* mostrou uma disponibilidade média de forragem de *Dactylis glomerata* e *Trifolium repens* de 1.787 ± 298 Kg MS.ha^{-1} em novembro e 1.241 ± 239 Kg MS.ha^{-1} em março. Tais resultados são menores aos comparado com a cobertura de 93,8% nos tratamentos *E. urograndis*, *E. citriodora* e *P. tecunumanii*, onde observou-se uma disponibilidade média de forragem de 1.762 Kg MS.ha^{-1} em novembro e de 974 Kg MS.ha^{-1} em março, tal como pode-se notar nas Tabelas 2.2; 2.3; 2.4.



ns: **Não significativo**

Figura 2.12 - Variação da disponibilidade de fitomassa do pasto em relação ao grau de cobertura do dossel nos tratamentos de *E. urograndis* (A); *E. citriodora* (B); *P. tecunumanii* (P)

2.4.2.1 Variação temporal da disponibilidade de forragem

A disponibilidade média de matéria seca foi variável ao longo do estudo; verificando-se na época seca (Abril-Setembro) o valor de 4223 Kg MS.ha^{-1}. No entanto na época chuvosa (Outubro-Março), verificou-se o valor de 3188 Kg MS.ha^{-1}. Na disponibilidade dos componentes do pasto, o material morto foi o que mostrou maior proporção em todos os tratamentos, seguido pelos componentes folha e colmo. No componente folha o tratamento *Eu-Bd* mostrou 376 Kg MS.ha^{-1} do componente folha equivalente em 16% da forragem, esta redução provavelmente foi influenciada pela presença da cigarrinha da pastagem deste tratamento, onde a *B. decumbens* é susceptível ao ataque da praga (COSENZA et al., 1989), por consequência, houve maior proporção de material morto com um valor médio de 1617 Kg MS.ha^{-1}, equivalente a 70% da forragem, afetando assim, a qualidade do pasto devido a menor proporção de folha, componente preferido pelo animal, como se mostra na Figura 2.13A. No entanto os tratamentos *Ec–Bd* e *Pt-Ps* mostraram valores similares com 283 Kg MS.ha^{-1} e 225 Kg MS.ha^{-1} respectivamente equivalente a 30% e 33% na proporção do componente folha, podendo ser relacionado este aumento provavelmente a influencia da ausência de cigarrinha nas pastagens no *Ec–Bd*; embora o valor de 45% de material morto provavelmente tenha sido influenciado pela baixa umidade do solo, para este tratamento, a proporção dos componentes da forrageira foi similar, houve maior cobertura do dossel havendo um aumento do componente folha na época chuvosa (Outubro-Março). Portanto com os resultados mostrados há evidência que o nível alto do grão de cobertura é prejudicial para o desenvolvimento da folha. Desse modo é recomendável a aplicação de técnicas silviculturais como poda e desbaste, de tal modo que ajudariam a reverter à falta de radiação solar no sub-bosque e assim influenciar no aumento da componente folha.

Estes resultados confirmam o que foi afirmado por Segundo Garcia e Couto (1997), pois a sombra pode reduzir a proporção do tecido mais digerido da folha (o mesófilo) e aumentar a do tecido menos digerido (a epiderme), tal como foram observados em todos os tratamentos.

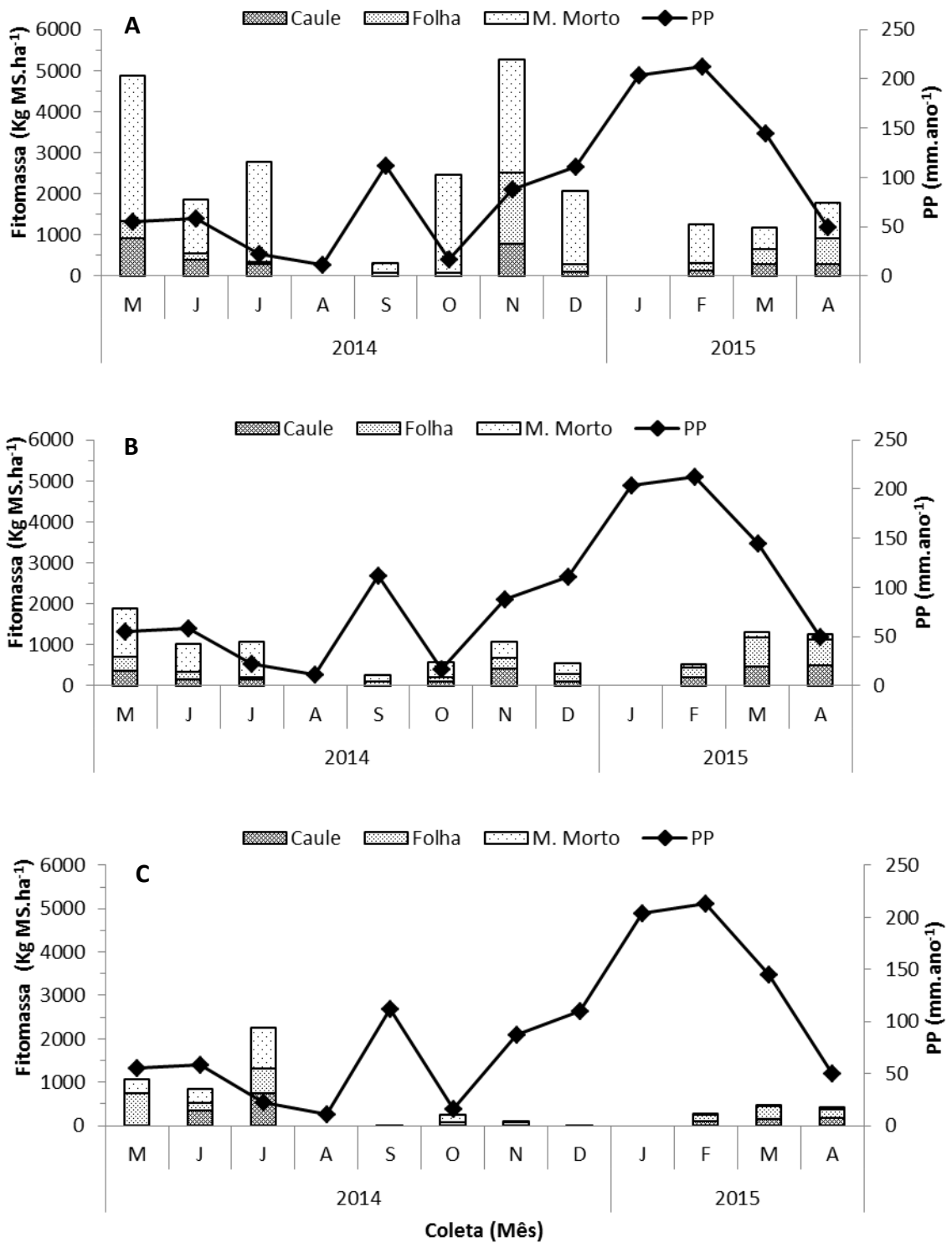


Figura 2.13 – Variação mensal na disponibilidade dos componentes do pasto em função da precipitação pluvial (mm.ano^{-1}) por cada tratamento. *Eucalyptus urograndis* (A), *Eucalyptus citriodora* (B), *Pinus tecunumanni* (C)

2.4.2.2 Relação de fitomassa e altura

O componente folha mostrou nos tratamentos *Eu–Bd* e *Ec–Bd* uma maior taxa de acúmulo médio de 403 e 284 kg MS.ha^{-1} respectivamente, sendo o menor valor o tratamento *Pt-Ps* (Figura 2.14C), com uma taxa de 164 kg MS.ha^{-1}. Além disso, este último tratamento mostrou menor altura do pasto (considera-se >20 cm) com média anual de 23 cm de altura, havendo portanto, somente 3 cm de oferta de forragem; este valor pode ser considerado muito baixo comparado aos tratamentos *Eu–Bd* e *Ec–Bd* com 39 e 38 cm de altura do pasto respectivamente, montrando 19 e 18 cm de oferta forrageira. Houve uma correlação das variáveis altura-fitomassa no *Ec–Bd* (R^2 = 0,6025), o oposto verificou-se nos tratamentos *Eu–Bd* (R^2 = 0,1582) e *Pt-Ps* (R^2 = 0,2384). Estes resultados indicam que o tratamento Eu–Bd (Figura 2.14A), sustentaria o consumo forrageiro animal em 15% comparado à monocultura, auxiliando desse modo no aumento da capacidade de suporte animal em áreas de sub-bosque que antes não eram aproveitadas.

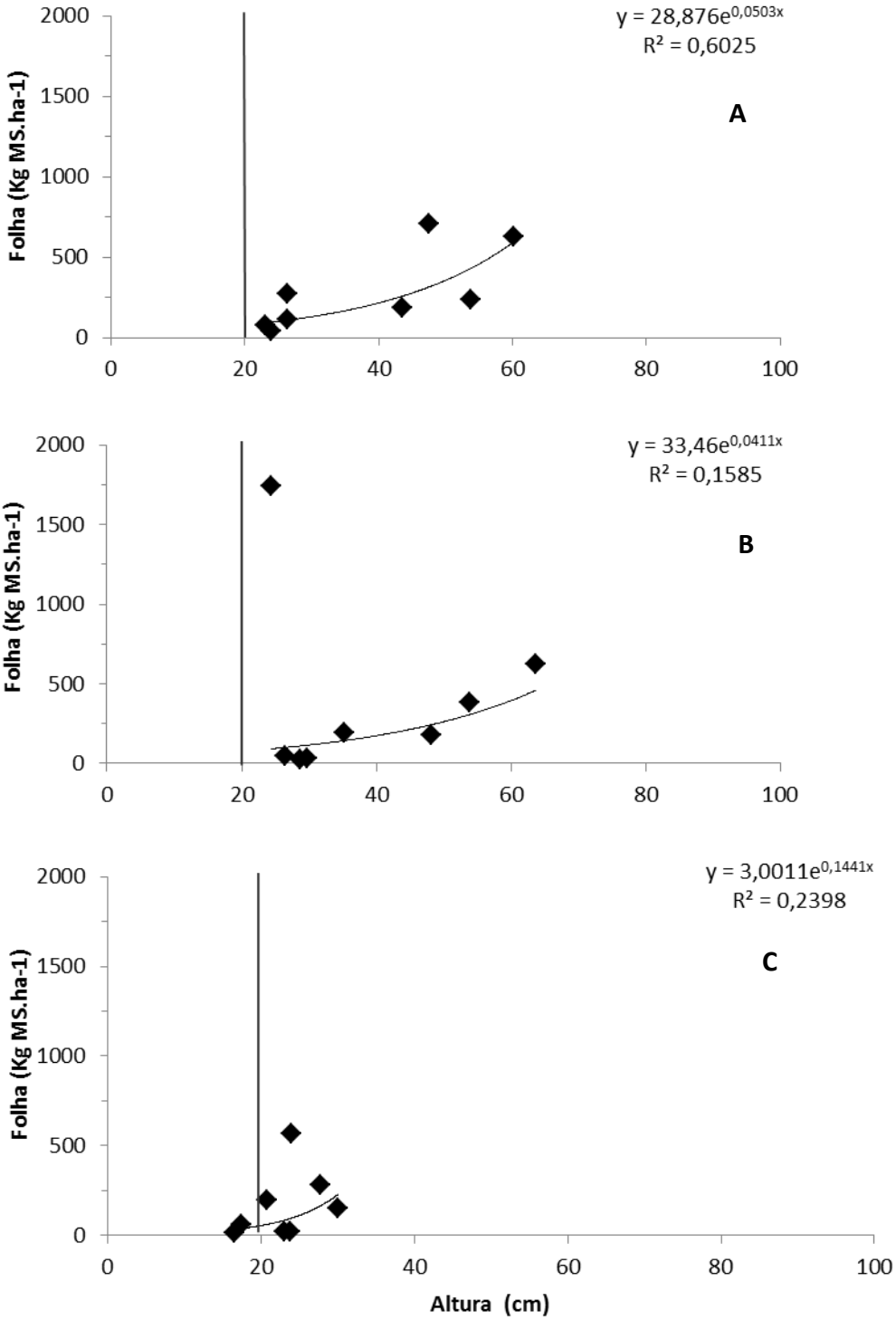


Figura 2.14 - Taxa de acúmulo de forragem do componente folha por cada tratamento. Eucalipto urograndis (A), *Eucalyptus citriodora* (B), *Pinus tecunumanni* (C)

O tratamento *Eu-Bd* (Figura 2.15A) mostrou uma taxa média de acúmulo forrageiro de 2233 kg MS.ha^{-1}, valor maior do que os constatados nos tratamentos *Ec–Bd* e *Pt-Ps*; com 932 e 570 kg MS.ha^{-1} respectivamente. Proporcionando 25% da fitomassa da testemunha (pasto a pleno sol) com 9058 kg MS.ha^{-1}. Por outro lado,

examinou-se uma melhor oferta de forragem na época de seca (Novembro – Abril) em *Eu-Bd* e *Ec–Bd*; isto devido ao fato de que a espécie forrageira *B. decumbens* aumenta sua disponibilidade durante as estações primavera/verão (Souza, 2015).

Constatou-se que houve baixa taxa de acúmulo forrageiro no tratamento *Pt-Ps* (Figura 2.15C), este comportamento provavelmente foi influenciado pelos diversos fatores do componente arbóreo, tais como espaçamento, área basal, arquitetura da copa, etc.

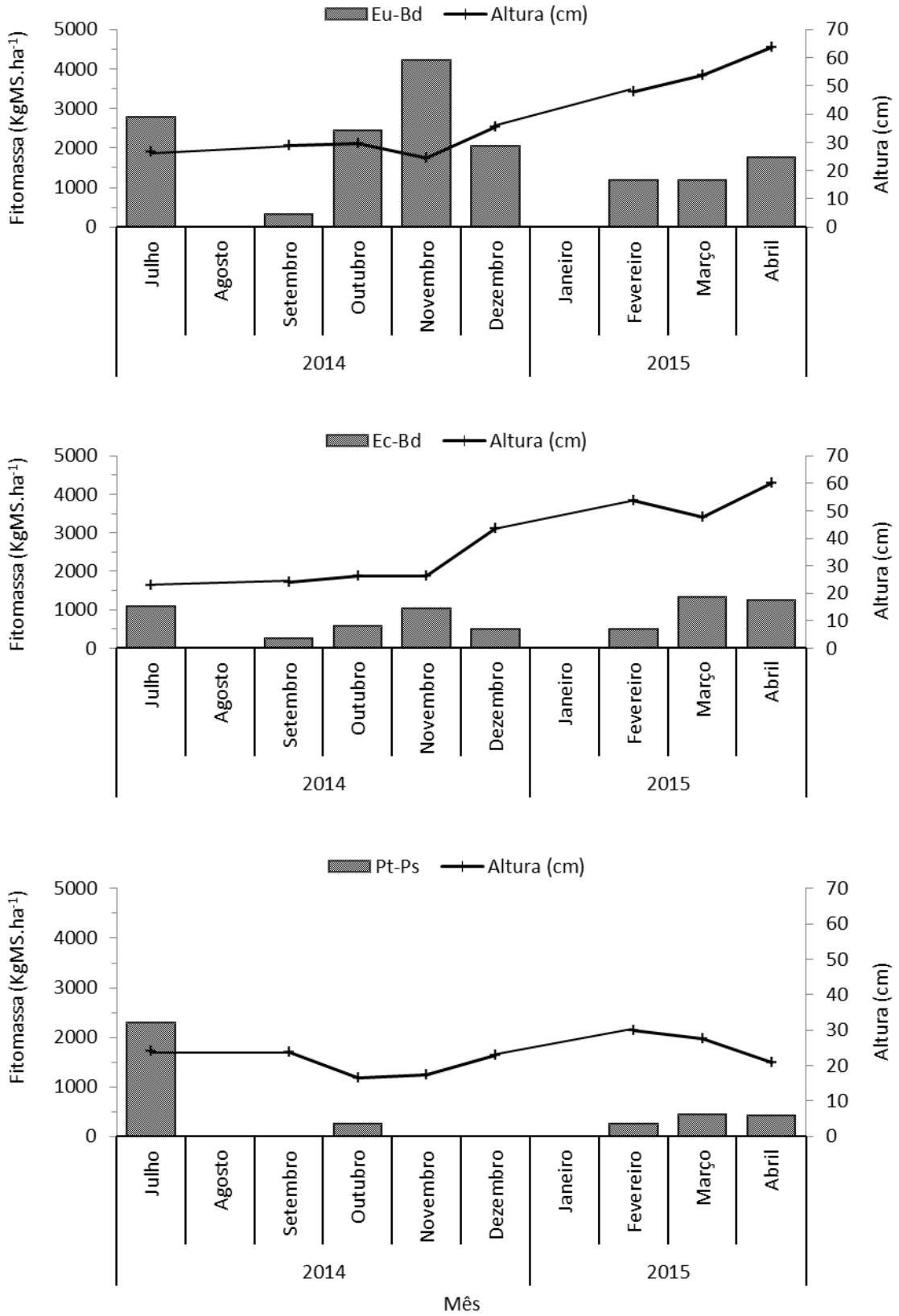


Figura 2.15 - Variação mensal na disponibilidade dos componentes do pasto em função da precipitação pluvial (mm.ano^{-1}) por cada tratamento. Eucalipto urograndis (A), Eucalyptus *citriodora* (B), *Pinus tecunumanni* (C)

2.4.2.3 Disponibilidade de forragem nos diferentes tratamentos

Na Figura 2.16 observa-se o comportamento da disponibilidade de forragem (%) em suas frações caule, folha e material morto, comparados aos da testemunha (pasto a pleno sol). Para este fator, o talhão *E. urograndis* mostrou maior fitomassa ressaltando os 16,4% de folha e 51,2% de material morto. De outro lado o *P. tecunumanni* foi que teve os valores menores com 13,8% de folha e 6,7% de material morto. Com estes resultados fica claro uma vez mais que o *E. urograndis* é a espécie florestal que mais permite o desenvolvimento das forrageiras no sub-bosque ao se manter um manejo adequado da cultura florestal para assim harmonizar ambas culturas no mesmo espaço e tempo.

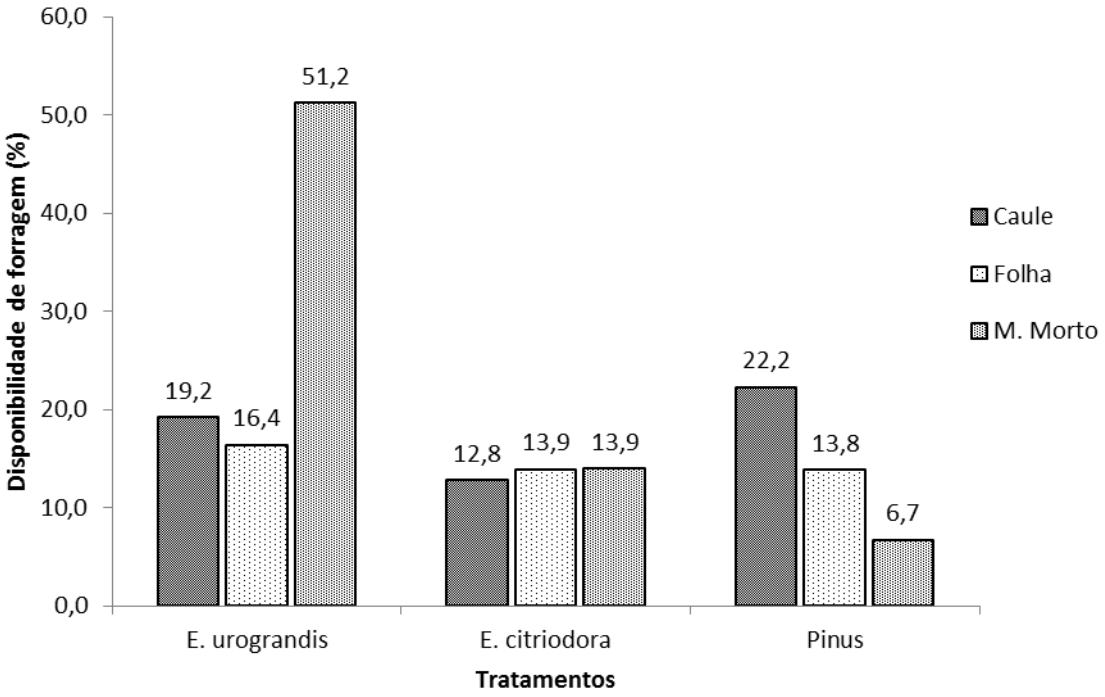


Figura 2.16 – Porcentagem de disponibilidade de forragem e suas frações caule, folha e material morto em cada tratamento, comparados com a testemunha (pasto a pleno sol)

2.4.2.4 Disponibilidade de matéria seca total em relação à área basal

De acordo com a Figura 2.17 verifica-se que o talhão *Eucalyptus urograndis – B. decumbens* (*Eu-Bd*) foi o de maior disponibilidade de matéria seca (2233,34 kg MS.ha^{-}1) por influência da menor área basal com 21,72 m².ha^{-1}. Seguido pelos talhões *Eucalyptus citriodora – B. decumbens* (*Ec–Bd*) e *Pinus tecunumanni – Panicum sp* (*Pt-Ps*) com área basal de 23,65 m².ha^{-1} e 37,23 m².ha^{-1} respectivamente. Sendo que os dois últimos, consequentemente obtiveram

disponibilidade de forragem baixa com 932,04 kg MS.ha^{-1} (*Ec–Bd*) e 569,80 kg MS.ha^{-1} (*Pt-Ps*). Por tanto, existe uma correlação entre a variável área basal/disponibilidade de forragem. Este comportamento se deve à idade da plantação e ao manejo que foi realizado tal como o desbaste das árvores e que influenciou na presença das forrageiras em baixas condições de sub-bosque.

Tabela 2.2 - Disponibilidade de matéria seca total em relação à área basal dos tratamentos

Tratamento	**Área Basal (m².ha^{-1})**	**Fitomassa (kg MS.ha^{-1})**
Eu-Bd	21,72	2233,34
Ec–Bd	23,65	932,04
Pt-Ps	37,23	569,80

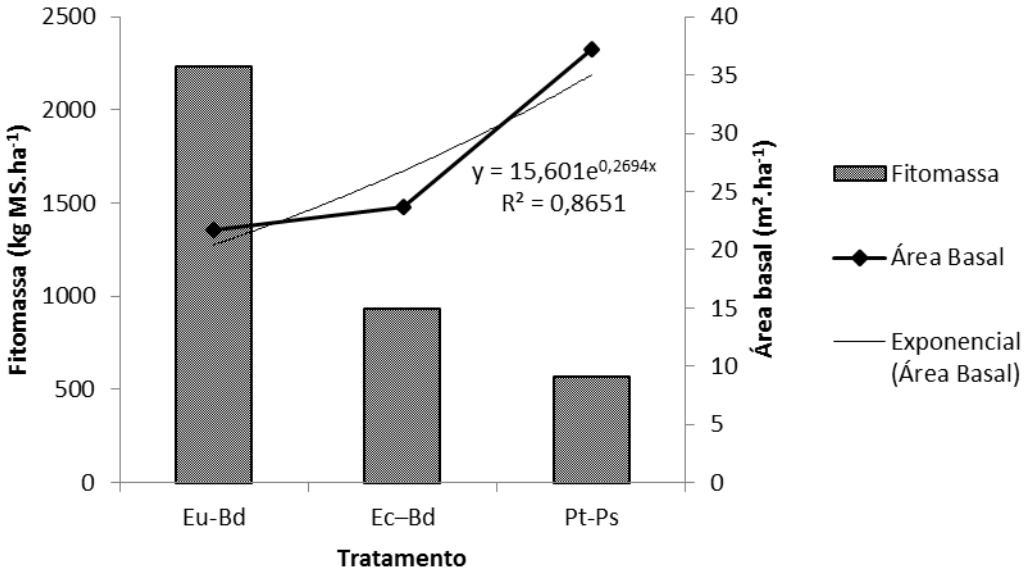


Figura 2.17 - Comportamento da disponibilidade de fitomassa de pasto em relação área basal nas plantações

2.6 Conclusões

A cobertura do dossel influenciou negativamente no crescimento das forrageiras por apresentar o dossel muito fechado na maior parte do tempo do estudo.

A área basal foi a principal variável que influenciou na disponibilidade de fitomassa nas forrageiras apresentando uma tendência negativa.

O tratamento Eucalipto urograndis-*Brachiaria decumbens* mostrou melhores condições para a disponibilidade de fitomassa do forrageira ao longo do ano, apresentando maior fração folha.

No verão (dezembro-março) se observou os melhores acúmulos de pasto que resultaram com maior presença de forrageiras em todos os tratamentos.

2.7 Recomendações

Para outorgar melhor incidência de luz no sub-bosque é preciso realizar alguns desbastes, dado que as plantações de mais de 12 anos de idade precisam ter diminuída a densidade arbórea.

Deve-se ter em conta que o experimento foi feito com presença animal (gado), para o qual é necessário o controle da entrada em cada parcela de forma a não suprimir a demanda da forragem, sendo recomendável estabelecer um manejo adequado de curto período para a área de pastejo e suporte a carga animal.

Este novo modelo de sistema silvipastoril é recomendável para pequenos e médios agricultores, mantendo assim um maior conforto para suas atividades.

Referências

ASOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTA PLANTADAS. **Anuario estatistico**: ano base 2012. Brasilia, 2013. 148 p.

BERNARDES, M.S.; GOUDRIAAN, J.; CÂMARA, G.M.S.; DOURADO-NETO, D. Tree-crop interactions in agroforestry system of rubber with soybean and maize. In: CONG. OF THE EUROPEAN SOCIETY FOR AGRONOMY, 5., 1998, Nitra. **Short communications...** Nitra: ESA, 1998. v. 2, p. 125-126.

CARVALHO, P.C.F.; CARVALHO P.C.; TRINDADE, T.; MEZZALIRA, J.C.; POLI, C.H.: NABINGER, C.; GENRO, T.C.; GONDA, H.L. Do bocado ao pastoreio de precisão: compreendendo a interface planta animal para explorar a multi-funcionalidade das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, p. 109-122, 2009.

COSTA, N.L.; TOWSEND, C.R. Desempenho agronômico de gramíneas forrageiras tropicais sob sombreamento de eucaliptos na Amazônia Ocidental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS. SISTEMAS AGROFLORESTAIS, TENDÊNCIA DA AGRICULTURA ECOLÓGICA NOS TRÓPICOS: SUSTENTO DA VIDA E SUSTENTO DE VIDA, 4., 2002, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC, 2002. 1 CD-ROM.

DANIEL, T.W.; HELMS, J.A.; BACKER, F.S. **Principios de silvicultura**. 2nd ed. México: McGrow-Hill, 1982. v. 2, 491p.

DIAS-FILHO, M.B. Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens tropicais degradadas. Simpósios da reunião da sociedade brasileira de zootecnia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 3, p. 535-553, 2006. Suplemento especial.

CRUZ, P. **Produção de forragem em *Brachiaria brizantha*:** adaptação, geração e avaliação de modelos empíricos e mecanicistas para estimativa do acúmulo de forragem. 2010. 102 p. Tese (Doutorado em Ciencia Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010**: características da população e dos domicílios Resultados do universo Brasil. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_da_populacao/result ados_do_universo.pdf.> Acesso em 09 out. 2013.

FLOSS, E. **Fotossintese das plantas cultivadas.** Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2002. 135 p. (Cadernos de Agronomia, 5).

FRANKIE, L.I.; FURTADO, C.S. **Sistemas silvipastoris:** fundamentos e aplicabilidade. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001. 53 p. (Documentos, 64).

GARCIA, R.; COUTO, L. Sistemas silvipastoris: tecnologia emergente de sustentabilidade. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRIODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1., 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1997. p. 447-471.

LEONG, W. **Canopy modification and its effects on growth and yield of *Hevea brasiliensis*.** 1980. 283 p. Thesis (Ph.D.) - Faculty of Agricultural Sciences of Ghent, Ghent, 1980.

LUDLOW, M.M.; WILSON, G.L. Photosyntesis of tropical pasture plants. 2. Temperature and illuminance history. **Australian Journal of Biological Sciences**. Melbourne. v. 24, p. 1065-1076, 1971.

PORFIRIO-DA-SILVA, V. O sistema silvipastoril e seus benefícios para a sustentabilidade da pecuária. In: SIMPOSIO ABCZ-CNPC PECUARIA SUSTENTÁVEL, 2009, Uberaba. **Palestra...** Uberaba. 2009. 11 p.

RAKOCEVIC, M.; RIBASKI, J. Propiedades fisiológicas e estruturais de braquiaria (*Brachyaria brysantha* Hochst. Ex A. Rich) em consórcio com eucalipto (Eucalyptus citriodora Hook) em um sistema silvipastoril no noroeste do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS. SISTEMAS AGROFLORESTAIS, TENDÊNCIA DA AGRICULTURA ECOLÓGICA NOS TRÓPICOS: SUSTENTO DA VIDA E SUSTENTO DE VIDA, 4., 2002, Ilhéus. **Anais**... Ilhéus: CEPLAC, 2002. 1 CD-ROM.

REYNOLDS, S.G. Evaluations of pasture grasses under coconuts in Western Samoa. **Tropical Grassland**, Queensland, v. 12, p. 146-151, 1978.

RIBASKI, J.; RAKOCEVIC, M. Disponibilidade e qualidade da forragem de braquiária (Brachyaria bryzantha) em um sistema silvipastoril com eucalipto (Eucalyptus citriodora) no noroeste do estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS AGROFLORESTAIS. SISTEMAS AGROFLORESTAIS, TENDÊNCIA DA AGRICULTURA ECOLÓGICA NOS TRÓPICOS: SUSTENTO DA VIDA E SUSTENTO DE VIDA, 4., 2002, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC, 2002. 1 CD-ROM.

SILVA, J.M.S. **Estudo silvicultural e econômico do consórcio de *Eucalyptus grandis* com gramíneas sob diferentes espaçamentos em áreas acidentadas.** 1999. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

THOMAS, E.; CANCIO, H. Disponibilidad de forraje de *Dactylis glomerata* y *Trifolium repens* en sistemas silvopastoriles con álamos. In: CONGRESSO NACIONAL DE SISTEMAS SILVIPASTORIS, 3.; CONGRESSO INTERNACIONAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES, 8., 2015, Misiones. **Libro de actas…** Misiones: INTA 2015. p. 16.

WILSON, J.R.; LUDLOW, M.M. The enviroment and potential growth og herbage under plantation. In: WORSHOP: FORAGES FOR PLANTION CROPS, 1990, Bali, **Proceedings…** Camberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1990. p. 168.

3 DISPONIBILIDADE DE FITOMASSA DE *Brachiara decumbens*, EM UM SISTEMA SILVIPASTORIL COM RENQUES DE EUCALIPTO: O PAPEL DA RADIAÇÃO SOLAR

Resumo

Neste experimento se examinou a relação da produção da fitomassa de *B. decumbens* à disponibilidade da radiação solar. Foi plantada a espécie eucalipto (COP-1377) no ano 2011 em dois renques com espaçamentos de 21 e 39 m entre aleias e 3 m x 2 m nas entrelinhas e linhas de plantio. Para a coleta do pasto fez-se amostragem sistemática nas aleias, nas distancias de 7,5; 10,5; 13,5 e 19,5 m da primeira linha de plantio em ambas as margens. Um quadro de madeira de 0,25 m^2 foi utilizado para coleta do material vegetal e este após sua extração, alocado em sacos de papel. No laboratório os componentes folha, colmo e material morto foram separados e secos numa estufa de ventilação forçada a 65°C. Também foi estimada a radiação solar pela equação de Bernardes (2015). A área foliar específica foi estimada em cada tratamento e ano de coleta. Os resultados mostraram que não houve relação entre as variáveis irradiância e fitomassa do pasto devido ao elevado sombreamento. Este por sua vez influenciou as folhas na obtenção de um menor AFE na sombra. A porcentagem da fitomassa alocada para cada componente avaliado (folha, colmo, material morto) não apresentou diferença dentro de cada coleta.

Palavras-chave: Gramínea; Irradiância; Matéria seca

Abstract

In this experiment it was examined the relationship between biomass production of B. decumbens and the availability of solar radiation. The eucalyptus species (COP-1377) was planted in the year of 2011 in two rows with spacings of 21 m x 39 m between alleys and 3 m x 2 m between the lines and tree rows. To collect the pasture it was made a systematic sampling in the alleys, in distances of 7,5; 10,5; 13,5; and 19,5 m in the first row planting on both sides. A wooden frame of 0.25 m2 has been used for the collection of the plant material and this, after this extraction, allocated in paper bags. In the laboratory, the components leaf, stem and dead material were separated and dried in a forced ventilation oven at 65 ° C. Solar radiation was also estimated by the Bernardes (2015). Specific leaf area was estimated by each treatment and year of collection. The results showed that there was no relationship between the variables irradiance and biomass of pasture due to the high shading. This in its turn influenced the leaves to obtain a lower AFE in the shade. The percentage of dry matter allocated to each evaluated component (leaf, stem, dead material) showed no difference within each collection.

Keywords: Grass; Irradiance; Dry matter

3.1 Introdução

A pecuária brasileira vem sendo criticada por emitir quantidades significativas de gases de efeito estufa (GEE), desmatamento de florestas em zonas de fronteira agrícola e erosão de solos. Essas altercações têm sido motivadas pelos baixos índices zootécnicos verificados nos sistemas de produção animal baseados em pastagens degradadas ou que se encontram abaixo de seu potencial de produção (MACHADO et al., 2011). De acordo com as estimativas do último censo agropecuário brasileiro (IBGE, 2007), a área total de pastagens (naturais e plantadas) no Brasil é de 172,3 milhões de hectares. Estima-se que em torno de 100 milhões de hectares (60%) teriam níveis de degradação forte ou moderado, necessitando sofrer alguma forma de intervenção (DIAS-FILHO, 2011b). Do ponto de vista social, essa é a atividade agropecuária que menos gera empregos por área ocupada com uma média de um emprego a cada 500 hectares (SCHLESINGER et al., 2010). Sob o risco de perder a competitividade, a pecuária terá que substituir o uso do modelo extrativista e extensivo por sistemas de produção ambientalmente mais sustentáveis.

Por outro lado, a silvicultura baseada nas espécies do gênero *Eucalyptus*, tornou o setor florestal fortemente competitivo, principalmente pelo segmento de florestas plantadas, mostrando o Brasil como um dos líderes na produção de fitomassa florestal para celulose, papel e energia. Em 2011, a área plantada de *Eucalyptus* no país totalizou 4.87 mi ha, representando crescimento de 2,5% (119.617 ha) frente ao indicador de 2010. Desse total, 54,2% estavam concentrados na região Sudeste (ABRAF, 2012).

Considerando a necessidade de se conceber novas alternativas de exploração agrícola que sejam biológica, econômica e ecologicamente mais sustentáveis que os sistemas convencionais de uso-da-terra, como o monocultivo de pastagem e florestas exóticas. Um dos principais modelos de estudo para elevar a sustentabilidade dos setores pecuário e silvicultor, é o uso dos sistemas silvipastoris, que têm despertado considerável interesse na comunidade científica (KIRBY, 1976; PAYNE, 1985), Esses sistemas apresentam também um grande potencial para recuperação de áreas de pastagens degradadas. Sistemas silvipastoris podem fornecer alimento para pessoas e para o gado, madeira, lenha, postes e mourões,

frutos e castanhas, resinas, pasto apícola, entre outros produtos (MONTOYA et al., 1994). Além da capacidade de suprir a distribuição da mão-de-obra ao longo do ano, diversificando a produção, melhorando as condições de trabalho no meio rural e da qualidade de vida do produtor (RODIGHERI, 2003).

O eucalipto é uma espécie adaptada às práticas silvipastoris, pois tem copas estreitas que permitem a penetração de uma quantidade razoável de luz direta ou difusa até o nível do solo, permitindo o crescimento das plantas forrageiras desde que o espaçamento seja correto e o manejo adequado, além da vantagem de fornecer sombra para os animais. As árvores provém o melhor tipo de sombra, combinando a proteção da luz solar e o resfriamento do ambiente (BLACKSHAW; BLACKSHAW, 1994) ao mesmo tempo em que podem beneficiar o crescimento e a qualidade das pastagens. A sombra pode reduzir a carga de exposição à radiação em pelo menos 30% (BLACKSHAW; BLACKSHAW, 1994). Alguns estudos em parcelas indicaram que o crescimento máximo de gramíneas temperadas e tropicais, tolerantes ao sombreamento, foi obtido com 40 a 70% de transmissão de luz. Dessa forma concluiu-se que em sistemas silvipastoris, a densidade de árvores não deve ultrapassar 40 a 50% de cobertura arbórea na área de pastagem, fazendo-se necessária a seleção de espécies de árvores de arquitetura adequada (Carvalho et al., 2002).

Macedo et al. (2010) afirmaram que o emprego de espaçamentos mais amplos permite a possibilidade de consórcio com espécies agrícolas e ou pastagem, por causa disso que, poucos estudos foram desenvolvidos em sistemas silvipastoris (SSPs) visando avaliar o eucalipto em variadas condições de plantio, em linhas simples ou linhas duplas, mais ou menos adensado. O mesmo autor explica que atualmente já foram investigados espaçamentos convencionais de 3 m x 2 m, e que, os SSPs que utilizaram plantios de eucaliptos foram em linhas duplas ou triplas (1,5 m x 3,0 m), distanciadas entre si em 10 m, 20 m e 40 m, principalmente para permitirem uma produção simultânea de madeira, alimentos e pastagens, uma vez que esta conFiguração possibilita maior penetração da radiação solar para o desenvolvimento das espécies do sub-bosque.

O conhecimento da interceptação de radiação luminosa pela copa das árvores em espaçamentos variados permite ao silvicultor avaliar a necessidade e o planejamento adequado das intervenções tais como: roçadas, capinas e uso de produtos químicos, possibilitando o melhor aproveitamento desses recursos. Nos

espaçamentos menores, devido à rápida formação do dossel, a necessidade de tratos culturais é menor quando comparados aos espaçamentos maiores (AMBIENTE BRASIL, 2009). A energia de radiação solar absorvida pelas plantas é fator determinante da taxa fotossintética e pode limitar a produção e o acúmulo de fitomassa e, consequentemente, o desenvolvimento das plantas (CARON et al., 2003; PILAU, 2005). A influência das condições ambientais está diretamente relacionada com a eficiência do desenvolvimento das plantas, principalmente a radiação solar global incidente e a temperatura do ar (CARON et al., 2003). Além da modificação da qualidade e da intensidade de radiação luminosa pelas copas das arvores ocorre uma seleção das espécies botânicas capazes de desenvolver-se nesta condição. Isso favorece o controle de ervas invasoras e o crescimento de espécies cultiváveis tolerantes aos diferentes níveis de sombreamento (MACEDO, et al., 2010).

Os sistemas silvipastoris estão sendo apontados como eficiente alternativa de uso sustentável da terra, principalmente nas áreas potencialmente sujeitas à degradação. Diversos resultados de pesquisa comprovam a potencialidade dos sistemas silvipastoris como uma importante estratégia de desenvolvimento rural sustentável. A introdução do componente florestal na propriedade rural além garantir condições mais propícias para as pastagens e criações, possibilita também a diversificação de produtos na mesma unidade de área. Isso se traduz em aumento da produção, geração de empregos e, consequentemente, melhoria de renda e qualidade de vida no meio rural, com reflexos positivos na qualidade de vida de toda a sociedade. O reconhecimento dos benefícios gerados por sistemas silvipastoris tem aumentado no país e vários tipos de sistemas em estudo nas instituições de pesquisa brasileiras começam a ser adotados por produtores rurais. Neste trabalho se relacionou a disponibilidade de radiação solar com o crescimento das gramíneas em dois espaçamentos (aléias). Desse modo esperamos estabelecer parâmetros para o melhor desempenho dos SSP no ambiente tropical. Com o acúmulo de evidências científicas espera-se desenvolver modelos de crescimento e de produção para sistemas agroflorestais.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Caracterização do experimento

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Ciências Florestais Anhembi/SP (EECFA) administrado pelo Departamento de Ciências Florestais ESALQ-USP. A Estação também é representativa de uma região agrícola do interior do estado de São Paulo onde prevalecem as pequenas propriedades rurais. Localiza-se a 90 km de Piracicaba (22º40’ S, 48º10’ W) às margens da barragem de Barra Bonita no rio Tietê a uma altitude de 455 m e abrange uma área total de 663,49 ha. O relevo é plano com predominância de latossolo e neossolo quartzarênico. O clima é definido como Cwa pela classificação de Köppen com estação de inverno seca e temperatura média anual de 23ºC. A temperatura mínima média do mês mais frio é de 5ºC e a temperatura máxima média do mês mais quente de 34ºC. A precipitação média anual é de 1.100 mm.

O experimento foi dividido em quatro blocos compostos com parcelas subdivididas em faixas e monocultura, como se pode observar na Figura 3.1. Em cada um desses estavam presentes três tratamentos. Cada um desses era constituído de árvores em: 1. monocultivo plantado no espaçamento de 3 m x 2 m; 2. aléias de eucalipto distantes a 39 m entre fileiras e 2 m entre plantas – tratamento onda longa (OL); 3. aléias de eucalipto distantes a 21 m entre fileiras e 2 m entre plantas – tratamento onda curta (OC). As árvores do experimento (eucalipto grancam - híbrido entre *E. grandis* vs *E. camaldulensis*, COP-1377) foram plantadas no mês de outubro de 2011 numa área de 10 hectares. No momento do estudo a terceira fileira entre ambas as margens já havia sido plantada. Em toda a área disponível, entre as linhas de eucalipto e as aléias já estava cultivada pastagem de *Brachiaria decumbens*.

Figura 3.1 - Vista aérea da Estação Experimental de Ciências Florestais de Anhembi/SP - EECF. É possível observar as linhas de plantio do eucalipto no sentido norte-sul. **B.** Vista parcial do sistema silvipastoril (SSP) em aleias de eucalipto e *Brachiaria decumbens*. Notar as árvores maiores plantadas em 2011 (ano 1) e as de menor porte plantadas em 2012 (ano 2). Foto aérea fonte: Google.maps. Acesso em 17/junho/2015

3.2.2 Condução do experimento

3.2.2.1. Componente pastagem

No pasto da espécie *Brachiaria decumbens* presente de forma natural por toda a área do experimento, foram realizadas duas coletas: a primeira no mês de dezembro 2014 em crescimento livre e a segunda no mês de março 2015 com corte prévio. Para isso, utilizou-se um maquinário agrícola adaptado a uma roçadeira automática que passou nas aléias para padronizar a altura do pasto em 20 cm, sendo que o corte foi realizado no mês de fevereiro. As amostras de fitomassa foram coletadas em quatro distâncias desde a primeira linha de plantio entre ambas as margens, ou seja, a partir da linha plantada no ano 2011. Estas distâncias foram de 7,5 m; 10,5 m; 13,5 m e 19,5 m. Para o caso de onda curta (OC), as coletas foram realizadas a 7,5 m em ambas as margens e a na parte central de 10,5 m. Para onda longa (OL), as coletas foram realizadas a 7,5 m; 10,5 m e 13,5 m em ambas as margens e a de 19,5 m na parte central. Para a testemunha (T) a coleta foi realizada a 9 m de distância da primeira linha de plantio, na região central da aleia, tal como se observa na Figura 3.2B. O delineamento experimental foi obtido por meio de amostragem sistemática entre as aléias de eucalipto, coletando duas (2) amostras nas margens e quatro (4) amostras na parte central, que por sua vez, utilizou-se as posições: borda e centro das aléias, tal como se observa na Figura 3.2A.

Durante a avaliação da situação do crescimento do pasto antes da coleta foram aferidas as alturas. Para isso utilizou-se um quadro de madeira de 0,5 m x 0,5 m (0,25 m^2) que foi lançado ao acaso nas posições previamente citadas, medindo-se a altura no centro do quadro. O material vegetal contido no interior do quadrado foi cortado e acondicionado em sacos de papel previamente codificados e após, levados ao laboratório para as análises respectivas. O número de amostras foi de 28 por bloco, totalizando 112 amostras (Tabela 1).

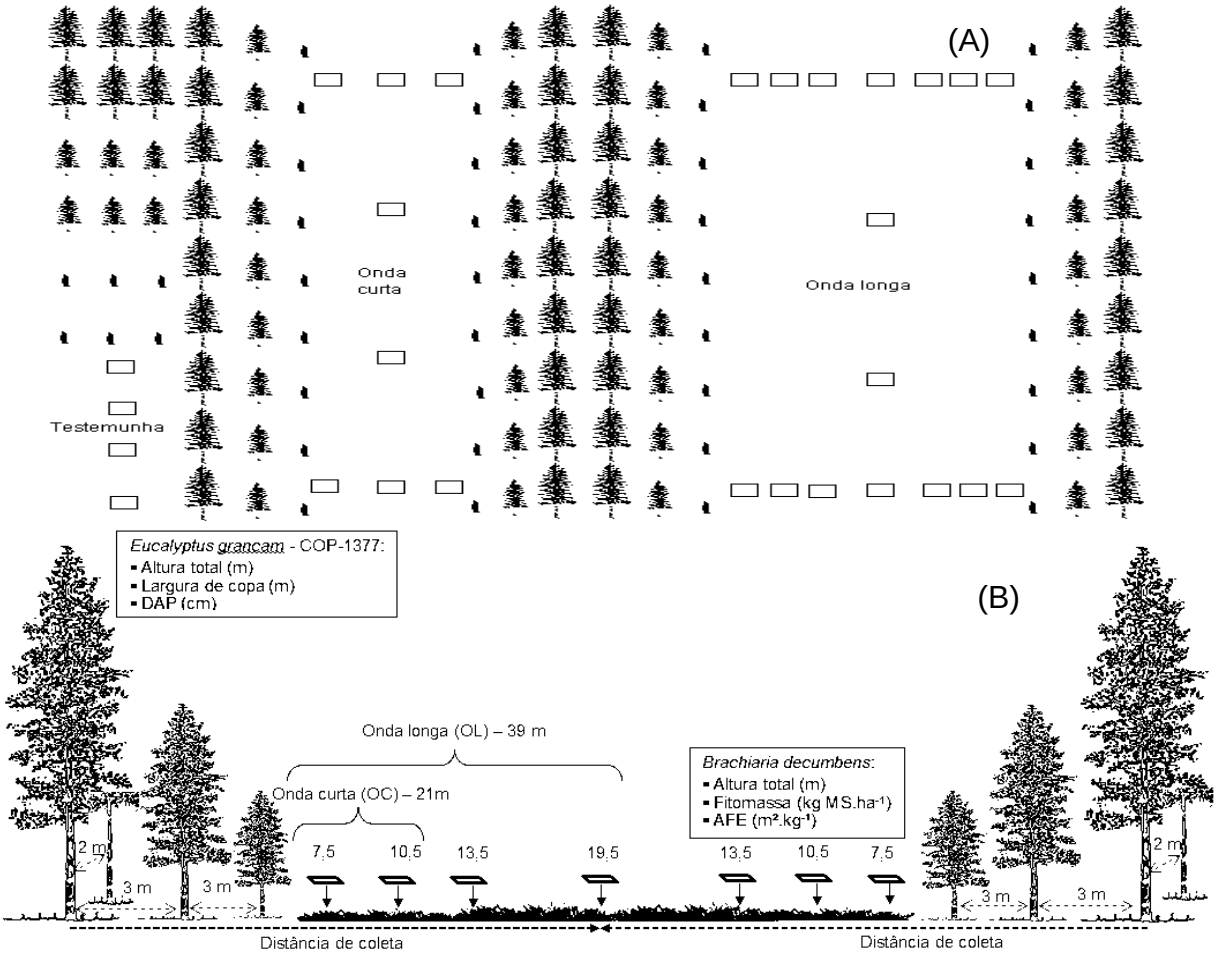


Figura 3.2 - Distribuição das coletas de pasto vista de parte de cima, com sistema de amostragem sistemática (a) e de perfil (b) nos tratamentos, onda longa e onda curta e monocultura do SSPs, com as variáveis estudadas

Tabela 3.1 - Número de amostras coletadas por tratamento e distancia das linhas de árvores de eucalipto em cada bloco

Tratamento	**Distancia (m)**					**N° Amostras**
	7,5	9	10,5	13,5	19,5	
Onda longa	4		4	4	4	16
Onda curta	4		4			8
Testemunha		4				4
Total amostra por bloco						28

3.2.2.2 Componente arbóreo

Para a realização deste segmento do trabalho, elaborou-se um inventario das árvores plantadas no ano 2011 (linha 1) em todo a área experimental. No mês de agosto 2014 foram mensuradas: altura total (m) e largura de copa (m) das

‘

margens das entrelinhas do SSP como se pode ver na Figura 3.3. Neste caso, as medições foram feitas contando-se a primeira arvore de cada linha e depois deslocando-se 8 árvores, até chegar ao final. Para as medições da altura utilizou-se o clinômetro *Suunto* profissional e uma trena de 30 m para a mensuração da largura da copa.

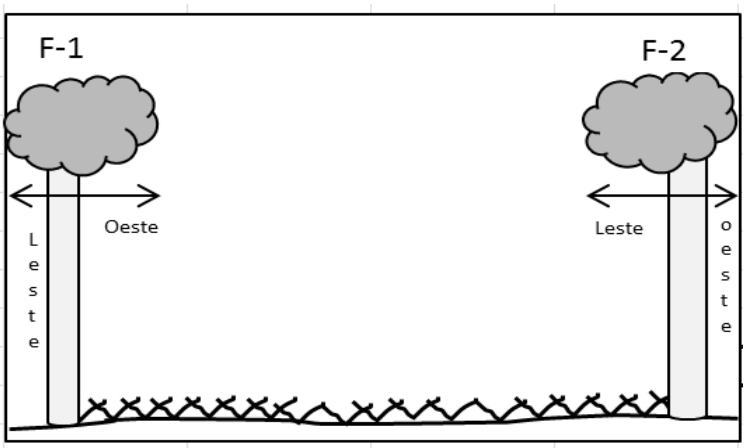


Figura 3.3 - Mensurações realizadas entre as fileiras do componente arvore no SSPs

3.2.3 Determinação experimental dos parâmetros analisados

3.2.3.1 Fitomassa e área foliar especifica (AFE)

A determinação da fitomassa foi realizada no laboratório. As amostras foram separadas em três componentes: 1. folha; 2. colmo e 3. material morto que foram colocados em sacolas de papel, codificados e levados à estufa de ventilação forçada a 65°C (marca TECNOL, modelo TE-394/3) até alcançar peso constante. Em seguida o material vegetal foi pesado em uma balança de precisão de duas casas decimais (marca ADVENTURE TM, modelo ARC120) e com os dados secos transformados em Kg MS.ha^{-1}, tal como se mostrou no capítulo anterior na Figura 2.8.

A determinação da área foliar específica (AFE) das plantas foi realizada com ajuda de um furador de aço de 8 mm de diâmetro, retirando-se entre 5 e 10 discos de área conhecida das folhas separadas (dependendo da quantidade amostral foliar). Os discos foliares também foram secos e pesados como descrito anteriormente. Com os dados do peso seco dos discos foliares, a formula da área do círculo ($A = \pi r^2$) e as transformações necessárias calculou-se os valores de AFE (m^2.kg^{-1}).

3.2.4 Cálculo da disponibilidade de radiação solar

Com os dados obtidos do eucalipto (altura total e largura de copa), e da brachiaria (altura do pasto), foi calculada a irradiância (Ir) disponível à cultura intercalar com o emprego do modelo matemático proposto por Bernardes[1] (2015). O referido modelo simula a disponibilidade de radiação solar em porcentagem (%) do total para a cultura intercalar em função da distância da linha das árvores sombreadas (d), de acordo com a equação:

$$\mathbf{Ir = ½ * \{ sen [arctg ((d1 – (cw_1^2/d_1))/Hr_1)] + sen [arctg ((d_2 – (cw_2^2/d_2))/Hr_2)]\}}$$

Em que:

Ir = porcentagem da radiação incidente disponível para o pasto;

d = distância em metros de uma determinada posição no pasto para as fileiras de árvores;

cw = largura da copa das árvores que faceiam a pastagem;

Hr = altura relativa das árvores (altura da árvore - altura do pasto).

3.2.5 Análise estatística

Foi realizada análise de regressão entre os parâmetros de interesse. Para isso utilizou-se o programa de planilhas Excel do pacote office 2007. Os gráficos são apresentados no decorrer deste trabalho e encontram-se mencionados no texto.

3.3 Resultados

3.3.1 Disponibilidade da radiação solar pela fórmula de Bernardes (2015)

A disponibilidade da radiação solar variou como pode-se observar nas Figuras 3.4A e 3.4B.

---

[1] Prof. Dr. Marcos Silveira Bernardes departamento de produção vegetal ESALQ-USP. Comunicação.

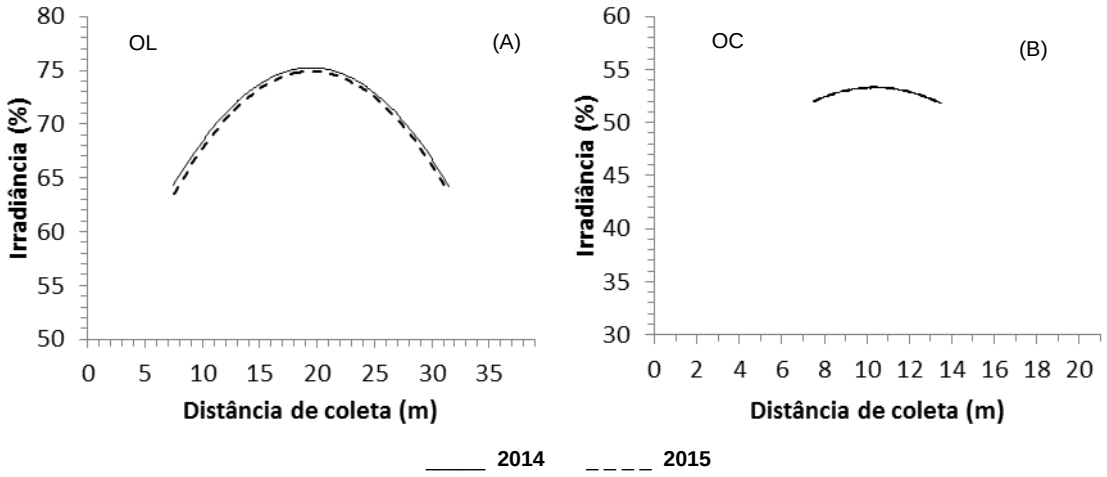


Figura 3.4 - Comportamento da estimação da irradiância em função da distância mediante a fórmula matemática proposta por Bernardes (2015) em cada tratamento. B. Onda longa (OL) e A. onda curta (OC)

A Tabela 3.2 mostra os valores médios de irradiância (%) correspondentes aos tratamentos: onda longa (OL) e onda curta (OC), de acordo a sua distância de coleta. Os valores observados são das coletas do mês de dezembro de 2014 e março de 2015.

Tabela 3.2 - Média geral de irradiância disponível (Ir %) de acordo com a fórmula de Bernardes (2015)

Tratamento	Distância de coleta (m)	Irradiância (%)		Média
		2014	2015	
Onda curta (OC)	7,5	52	51,5	51,8
	10,5	53,3	53	53,2
	13,5	51,8	51,5	51,7
Onda longa (OL)	7,5	64,4	63,8	64,1
	10,5	69	67,8	68,4
	13,5	72,5	72,3	72,4
	19,5	75,4	75,1	75,3
	25,5	72,4	72,3	72,4
	28,5	68,9	67,8	68,4
	31,5	64,3	63,8	64,1

Média de irradiância (%) de acordo com a fórmula de Bernardes (2015) nos tratamentos OL e OC em cada ponto de coleta (m)

De acordo com a fórmula matemática de Bernardes (2015), em ambos os tratamentos: onda longa (OL) e onda curta (OC), não houve diferença na radiação solar entre os anos 2014 e 2015.

O tratamento OL mostrou, em média, os níveis maiores de radiação solar à cultura da pastagem numa faixa entre 64% e 75%. Desse modo os valores ficaram entre 64,1; 68,4; 72,4; 75,3; 72,4; 68,4 e 64,1 por cento (%) para as distâncias de 7,5; 10,5; 13,5; 19,5; 25,5; 28,5 e 31,5 metros tal como se mostra na Figura 3.4B. Nesse tratamento, o espaçamento de (3 m x 2 m) x 39 m foi que obteve o maior valor máximo de radiação solar na cultura da pastagem, com 75%. Este valor é maior que o obtido por Varella et al. (2009) onde afirmou-se que à 65% irradiância obteria-se maior disponibilidade das gramíneas em espaçamento de (3 m x 1,5 m) x 34 m. Da mesma forma ocorre por FEITOSA, et al (1998) onde o pasto têm também uma transmitância de 0,58 durante a estação chuvosa, e 0,52 na estação seca.

Para o tratamento OC, como era esperado, os níveis médios de radiação solar foram menores na cultura numa faixa compreendendo 51% e 53%. Os valores obtidos variaram de 51,8; 53,2; 51,7 por cento (%) para as distâncias de 7,5; 10,5 e 13,5 metros, como ilustrado na Figura 3.4A. Estes resultados são maiores aos comparados nos estudos realizados por Carvalho et al. (2002) onde encontraram o máximo crescimento das gramíneas com radiação solar entre 40 e 70%.

3.3.1.1 Caracterização das árvores de eucalipto e da pastagem.

Na Tabela 3.3., observa-se a caracterização do eucalipto e da pastagem. Todas as variáveis estudadas, de forma geral, não mostraram diferença entre os tratamentos OC e OL. Para o caso do diâmetro da copa, o tratamento OL teve 3,8 m na fila A e 3,7 metros na fila B, e no tratamento de OC observou-se 3,6 e 3,3 metros na fila A e B. Na altura total OC e OL tiveram na fila A de 18,7 e 18,2 m respectivamente; ao contrário na fila B, ocorreu uma pequena diferença com 17,1 em OC e 18,2 m em OL simultaneamente. Por tanto, o tratamento OL foi aquele que mostrou um maior crescimento nas variáveis estudadas da cultura arbórea (eucalipto) relativamente.

Para a altura do pasto (*B. decumbens*), não se observaram diferenças entre tratamentos, mas sim entre os anos de coleta. Deste modo, na coleta do dezembro de 2014, o tratamento OC e no tratamento OL, a pastagem apresentava altura de 79 e 78 cm de altura respectivamente. Já na coleta de março 2015 estes mesmos parâmetros foram 63 cm para o tratamento OC e 65 cm para o tratamento OL.

‘

Observou-se uma diminuição de 20% e 16% na altura do pasto na segunda coleta para OC e OL respectivamente.

Tabela 3.3 - Valores médios das variáveis estudadas do componente arbóreo por ano e tratamento

Ano de avaliação	Tratamento	Espaço das aléias (m)	Diâmetro de copa (m)		Raio da copa (m)		Altura da árvore (m)		Altura relativa (m)		Altura do pasto (cm)
			Fila A	Fila B	Fila A	Fila B	Fila A	Fila B	Fila A	Fila B	
2014	Onda curta	21	3,6	3,3	2,1	2,0	18,7	17,1	17,9	16,3	79
	Onda longa	39	3,8	3,7	2,2	2,3	18,2	18,2	17,5	17,4	78
2015	Onda curta	21	3,6	3,3	2,1	2,0	18,7	17,1	18,1	16,5	63
	Onda longa	39	3,8	3,7	2,2	2,3	18,2	18,2	17,6	17,6	65

3.3.2 Disponibilidade de fitomassa por tratamentos

A disponibilidade de fitomassa variou significativamente nos tratamentos OC e OL. Para este caso se relacionou em função da distância de coleta 7,5; 10,5; 13,5 metros em OC (Figura 3.5A) e 7,5; 10,5; 13,5; 19,5; 22,5; 25,5; 28,5 metros em OL (Figura 3.5B) respectivamente, estes a sua vez foram comparados à disponibilidade nas coletas realizadas no de dezembro 2014 e março 2015. Como pode ser observado na Figura 3.4.

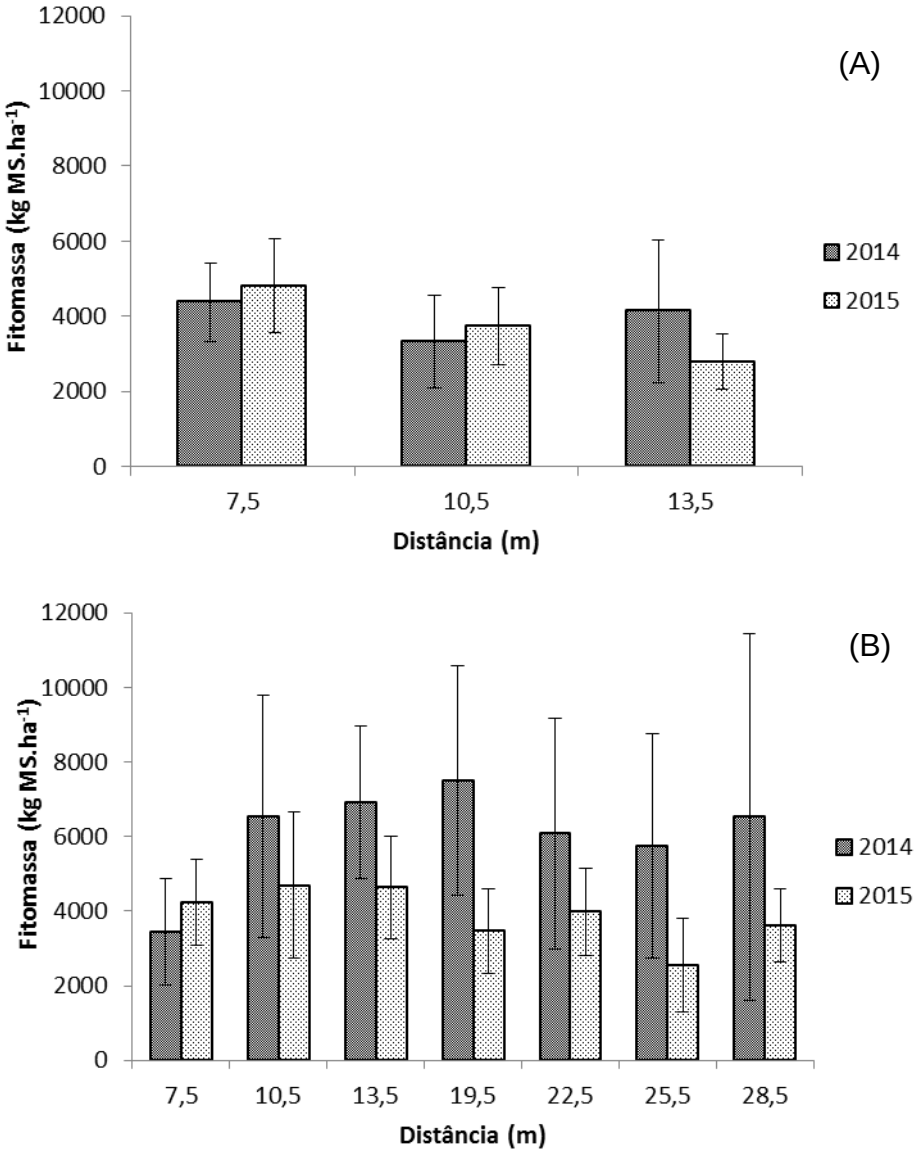


Figura 3.5 – Disponibilidade de fitomassa nos tratamentos onda curta (A) e onda longa (B) em relação à distância e ano de coleta

Tabela 3.4 - Média geral dos resultados de fitomassa total por tratamento e distância de coleta em função da irradiância

Tratamento	Distancia de coleta (m)	Fitomassa (kg MS.ha^{-1})	
		2014	2015
Onda curta	7,5	4251,2	3802,0
Onda curta	10,5	3623,7	3741,4
Onda longa	7,5	4988,2	3935,3
Onda longa	10,5	6302,4	3620,2
Onda longa	13,5	6499,1	3620,2
Onda longa	19,5	7503,0	3463,5
Monocultura	9,5	6281,7	3764,6

‘

O tratamento em que foram observados maiores valores de disponibilidade de fitomassa foi o de ondas longas. Obtendo maior fitomassa no centro das aléias (19,5 m) e menor nas margens (7,5 e 28,5 m) no ano 2014. Entretanto no ano seguinte (2015) constatou-se uma diminuição de 46% da disponibilidade no centro das aléias. Para as margens o tratamento de ondas longas alcançou uma diferença atípica, diminuindo 56% em 28,5 m e mostrando um aumento de 23% em 7,5 m de distância na disponibilidade da fitomassa total. Como referido anteriormente, os valores na coleta do ano 2014 nas distâncias de 7,5; 10,5; 13,5; 19,5; 22,5; 25,5 e 28,5 metros foram de 3456; 6543; 6926; 7503; 6073; 5752 e 6520 kg MS.ha^{-1} respectivamente. Para a coleta no ano 2015 os valores nas distâncias de 7,5; 10,5; 13,5; 19,5; 22,5; 25,5 e 28,5 metros foram de 4247; 4695; 4629; 3464; 3991; 2546 e 3624 kg MS.ha^{-1}. Como se pode observar na Tabela 3.4 e Figura 3.5B.

Enquanto isso, o tratamento de ondas curtas foi aquele em que se observaram os menores valores de disponibilidade de fitomassa. Obtendo maior fitomassa nas margens das aléias (7,5 e 13,5 m) e menor no centro (10,5 m) durante o ano de 2014. Enquanto no ano de 2015 foi possível verificar um comportamento irregular, mostrando um aumento de 9,8% em 7,5 m (margem), 12% em 10,5 m (centro) e uma queda de 67,4% em 13,5 m (margem) de distância na disponibilidade da fitomassa total. Como referido anteriormente os valores na coleta do ano 2014 nas distâncias de 7,5; 10,5 e 13,5; metros foram de 4382; 3330; 4138 kg MS.ha^{-1} nesta ordem. Quanto para a coleta no ano de 2015 os valores na distância de 7,5; 10,5 e 13,5; metros foram de 4814; 3741; 2790 kg MS.ha^{-1} respectivamente, como é possível observar na Tabela 3.4 e Figura 3.5A.

Para a monocultura de pasto (M), ambos os tratamentos (OC e OL) mostraram os mesmos valores na disponibilidade da fitomassa tanto no ano de 2014 quanto no de 2015. Contudo observou-se uma diminuição de 59,9% da fitomassa em ambos os tratamentos quando coletados a 9 m de distância da primeira linha de plantio, sendo os valores obtidos de 6282 kg MS.ha^{-1} em 2014 e 3765 kg MS.ha^{-1} em 2015.

Esta variação de disponibilidade de fitomassa em ambas as coletas indica que no mês de dezembro as amostragens realizadas foram executadas no pasto em crescimento livre (sem corte prévio) enquanto que na segunda coleta, a amostragem foi realizada no pasto já cortado (realizada no mês de fevereiro com aproximadamente 20 cm de altura) tendo assim o motivo de os valores de fitomassa

reduzirem em 60% e ganhar mais de 40 cm de altura no período de um mês, como observado na Tabela 3.3. Outro fator pode ter influenciado o rápido crescimento do pasto foi o período chuvoso nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2015 (Figura 2.2).

3.3.3 Frações da fitomassa nas coletas 2014 e 2015

A Tabela 3.5 mostra a média geral de pesos (kg MS.ha^{-1}) e porcentagem (%) de fitomassa total para os tratamentos: OC, OL e monocultura. Foram comparadas as coletas realizadas no mês de dezembro de 2014 e março de 2015. Relacionou-se os valores obtidos com a irradiância para cada componente do pasto (*B. decumbens*): folha, colmo e material morto. Como as porcentagens obtida para OC e OL foram similares, uniu-se os valores percentuais de irradiância e colocou-se a média dos valores mais próximos. Para OC na coleta de 2014 o valor foi de 52,5% nas distâncias de 7,5; 10,5 e 13,5 m. Para OL o valor foi de 66,4% nas distâncias de 7,5; 10,5; 25,5 e 28,5 m e 74% nas distancias de 13,5; 19,5 e 22,5 m. Finalmente para as ondas curtas, na coleta 2015, o valor foi de 52,3% nas distâncias de 7,5; 10,5 e 13,5 m. Para as ondas longas, o valor foi de 66,4% nas distâncias de 7,5; 10,5; 25,5 e 28,5 m e de 73,7% nas distâncias de 13,5; 19,5 e 22,5 m.

Tabela 3.5 - Média geral de irradiância por tratamento e ano de coleta em função a distância.

Tratamento	Irradiância (%)	Fitomassa (kg MS.ha^{-1})				Fitomassa (%)			
		Colmo	Folha	M. morto	**Total**	Colmo	Folha	M. morto	**Total**
Onda curta 2014	52,5	1590	2031	374	**3995**	40	51	9	**100**
Onda longa 2014	66,4	2039	2667	867	**5572**	37	48	16	**100**
Onda longa 2014	74,0	2646	3435	920	**7001**	38	49	13	**100**
Monocultura 2014	68,0	2459	3140	683	**6282**	39	50	11	**100**
Onda curta 2015	52,3	564	867	1962	**3393**	17	26	58	**100**
Onda longa 2015	66,4	552	816	2363	**3732**	15	22	63	**100**
Onda longa 2015	73,7	623	934	2334	**3890**	16	24	60	**100**
Monocultura 2015	67,8	438	717	2610	**3765**	12	19	69	**100**

Na Figura 3.6 constata-se como a irradiância influencia na formação de cada um dos componentes do pasto (folha, colmo e material morto). Para este caso, unificaram-se os valores mais próximos de irradiância e dos componentes em cada

‘

tratamento. Desta forma mantiveram-se dois valores nas OL (66,4 e 74%), um nas OC (52,5 %) e um na monocultura (67,8%).

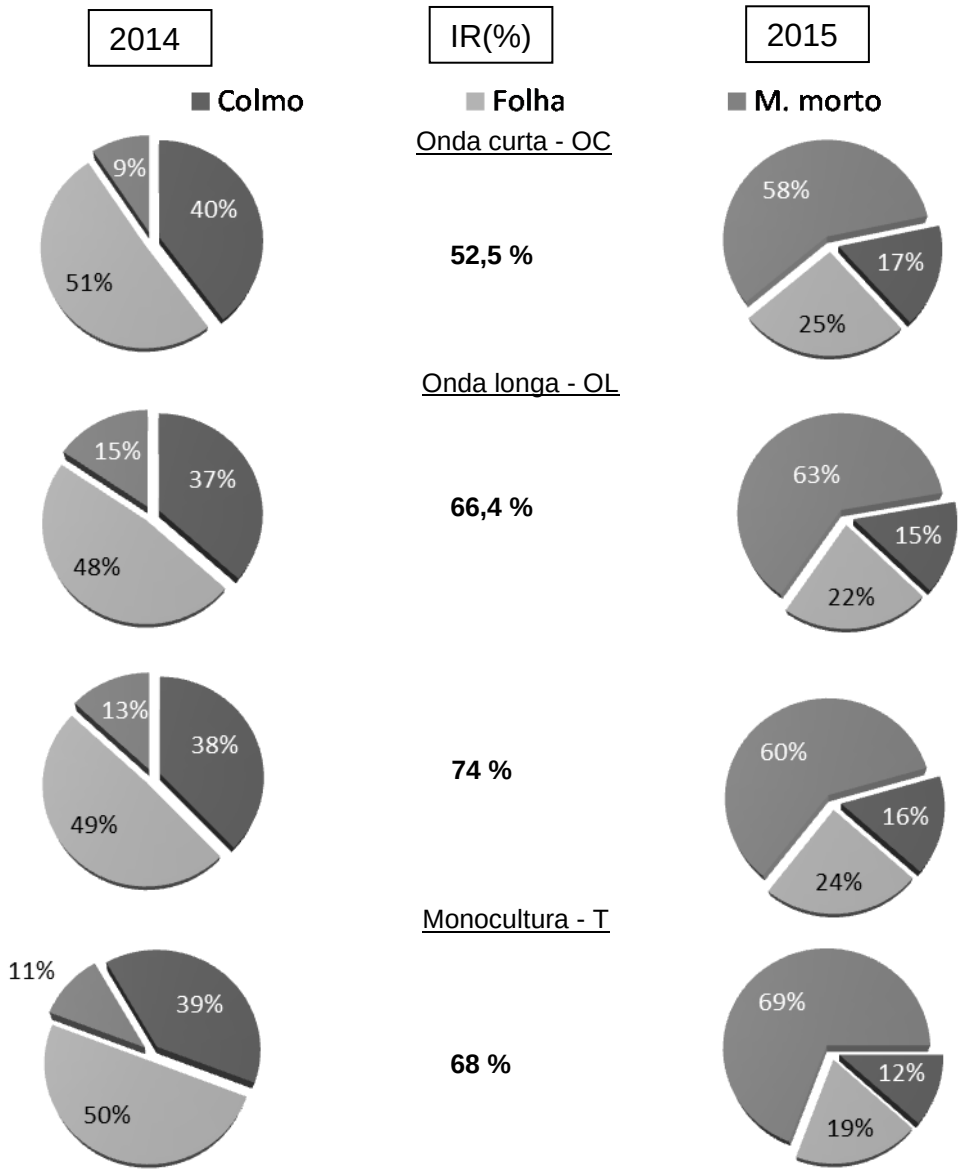


Figura 3.6 - Porcentagem de fitomassa total nos componentes dos tratamentos onda longa, onda curta e monocultura em relação a sua irradiância.

Os resultados na coleta de dezembro de 2014 mostraram que o componente folha correspondeu a quase metade (50%) da fitomassa total nos tratamentos (ver Tabela 3.5). Para 52,5% de irradiância (OC) a distribuição dos componentes folha, colmo e material morto foi de 51%, 9% e 40% respectivamente. Nesta mesma coleta, o tratamento OL em 66,4% de irradiância apresentou valores de 48%, 15%, e 37% nos componentes folha, colmo e material morto nesta ordem. Para irradiância de 74% mostrou-se valores de 49% para folha, 13% para colmo e 38% para material

morto. Finalmente no tratamento da monocultura com 68% de irradiância apresentou quantitativamente 50% no componente folha, 11% no componente colmo e 39% no componente material morto.

Os resultados obtidos na coleta de março de 2015 revelaram que o componente material morto foi o que apresentou mais de 60% da fitomassa total, em média, nos tratamentos (ver Tabela 3.5). Para 52,5% de irradiância (OL) a distribuição dos componentes folha, colmo e material morto foram de 25%, 17% e 58% respectivamente. Nesta mesma coleta o tratamento OL em 66,4% de irradiância apresentaram valores de 22%, 15% e 63% nos componentes folha, colmo e material morto, em sequência. Para 74% de irradiância observaram-se valores de 24%, 16% e 60% em folha, colmo e material morto respectivamente. Finalmente no tratamento da monocultura aos 68% de irradiância verificou-se 19%, 12% e 69% nos componentes folha, colmo e material morto.

A presença de maior porcentagem de material morto na segunda coleta provavelmente foi resultado do corte realizado no pasto no mês de fevereiro, influenciando no aumento deste componente em mais de 50%.

Os resultados mostraram que não há relação entre as variáveis irradiância e fitomassa do pasto devido ao elevado sombreamento. A porcentagem da fitomassa alocada para cada componente avaliado (folha, colmo, material morto) não apresentou diferença dentro de cada coleta.

3.3.2 Área foliar específica (AFE) em função da irradiância

Na Tabela 3.6 verificam-se os resultados de área foliar específica (AFE) em função da irradiância.

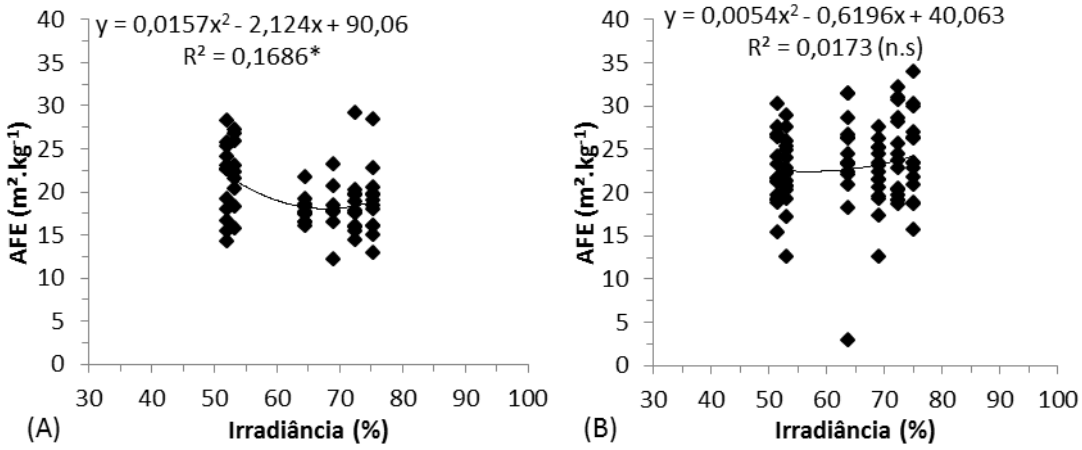
Na coleta no mês de dezembro de 2014, o tratamento OL foi o que mostrou menor AFE com valores de 18,7 $m^2.kg^{-1}$ a 74% de irradiância e 18 $m^2.kg^{-1}$ a 66,4 % de irradiância enquanto que na coleta de março 2015, foi o que mostrou maior AFE no mesmo tratamento, com valores de 24,3 e 22,7 $m^2.kg^{-1}$ ao 73,7 e 66,4 % de irradiância respectivamente.

O tratamento OC não mostrou muita diferença nos valores de AFE entre as coletas de 2014 e 2015. De este modo, os valores observados foram de 21,9 e 22,5 $m^2.kg^{-1}$ a 52,5 e 52,3 % de irradiância respectivamente. Este comportamento possivelmente ocorreu devido ao fato de que na primeira coleta houve maior

irradiância nos locais amostrados além de pouca precipitação (mm), fazendo com que as folhas fossem mais grossas para atenuar os efeitos adversos do clima. Já na segunda coleta a irradiância mostrou uma leve diminuição, influenciando na ampliação da área foliar em conjuntura com os meses de janeiro e fevereiro ocorreu precipitação depois de uma longa seca, aumentando o valor da AFE. As análises de regressão mostraram que na coleta de 2014 existe uma relação significativa entre as variáveis AFE e irradiância (P<0,05), como se pode observar na Figura 3.5A. Enquanto que na coleta de 2015, não houve nenhuma relação entre estas variáveis como se percebe na Figura 3.5B.

Tabela 3.6 - Resumo dos resultados de área foliar específica (AFE) por tratamento e distância de coleta em função da irradiância

Tratamento	Irradiância (%)	AFE ($m^2.kg^{-1}$)
Onda curta 2014	52,5	21,9
Onda longa 2014	66,4	18,0
Onda longa 2014	74,0	18,7
Monocultura 2014	68,0	21,4
Onda curta 2015	52,3	22,5
Onda longa 2015	66,4	22,7
Onda longa 2015	73,7	24,3
Monocultura 2015	67,8	24,4



Nível de significância P< 0.05; significativo (*); não significativo (n.s).

Figura 3.7 - Análises de regressão entre AFE e irradiância nas coletas de dezembro de 2014 (a) e março de 2015 (b)

3.4 Conclusões

Não houve relação das variáveis irradiância e fitomassa por consequência do sombreamento excessivo presente nos tratamentos.

A porcentagem de fitomassa alocada para cada componente avaliado (folha, colmo, material morto) não apresentou diferença dentro de cada coleta.

O sombreamento causado pelo eucalipto influenciou diretamente as folhas do pasto, que apresentaram maior AFE quanto menos sombreado o pasto e menor AFE quanto mais sombreado.

Referências

AGRILINK. Cigarinha das pastagens. **Portal do Agronegócio**. Dispinível em:http://www.agrolink.com.br/cereaisdeinverno/NoticiaDetalhe.aspx?CodNoticia=48508>. Acesso em: 05 nov. 2015.

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

SILVA, J.M.S. **Estudo silvicultural e econômico do consórcio de *Eucalyptus grandis* com gramíneas sob diferentes espaçamentos em áreas acidentadas.** 1999. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.

TOLEDO, J.M.; TORRES, F. **Agroforestry land-use systems.** Anaheim: Nitrogen Fixing Tree Association, 1990. 112 p.

VARELLA, A.C.; SILVA, V.P.; RIBASKI, J.; SOARES, A.B.; MORAES, A.B.; MORAIS, H.; SAIBRO, J.C.; BARRO, R.S. Estabelecimento de plantas forrageiras em sistemas de integração floresta-pecuária no Sul do Brasil. In. FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P. dos. **Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. cap. 16, p. 283-328.

WILSON, J.R.; HILL, K.; CAMERON, D.M.; SHELTON, H.M. The growth of *Paspalum notatum* under the shade of a *Eucalyptus grandis* plantation canopy or in full sun. **Tropical Grasslands**, Queensland, v. 24, p. 24-28, 1990.

‘

4 VARIAÇOES ARQUITETURAIS DE UMA MONOCULTURA DE Eucalipto urograndis EM FUNÇÃO DE SUA POSIÇÃO ESPACIAL

Resumo

Este estudo tem como objetivo mostrar a respostas das modificações estruturais numa monocultura de *Eucalyptus urograndis* em relação a sua posição espacial. O presente trabalho foi realizado Estação Experimental de Ciências Florestais Anhembi/SP, numa monocultura de 6,9 hectares, de 13 anos de plantío com uma densidade de 376 arv/há. Para este caso se realizou um inventario florestal onde depois se dividiram as árvores por sua classe diamétrica e estes a sua vez se selecionaram aleatoriamente 60 árvores para cubagem e destes 15 para determinação da fitomassa e respectiva densidade da madeira. Depois se trazaram locais situaçionais ao redor da monocultura; correspondidas em três locais distribuidas em borda, intermedio e interior. Para o caso da fitomassa se divideram as árvores em três fracçoes, tronco, galho e folha e para estimação da densidade foram retirados discos de 4,0 cm de espessura nas posições 0% (base), DAP, 25%, 50%. 75%, 100% da altura total. Com os dados se determinou a relação existente entre locais em função da fitomassa (kg), volume (m^3) e densidade básica ($g.cm^3$). Os Resultados mostraram que o local borda obteve os maiores crescimentos em DAP, altura, largura de copa com valores de 40,9 cm, 38,3 m e 11,1 m respectivamente; estos a sua vez mostrou maior volume e fitomassa em todas suas fracções (P<0,001). Por outro lado o local borda e centro mostraram a maior densidade básica, com 0,542 $g.cm^3$ e 0,545 respectivamente. Finalmente as árvores no local intermédio mostram menor crescimento pela supressão das árvores da borda.

Palavras-chave: Fitomassa de eucalipto; Volume; Densidade básica

Abstract

This study aims to show the responses of structural changes in a monoculture *Eucalyptus urograndis* regarding their spatial position. This work was carried out Experimental Forest Science Station Anhembi / SP, a monoculture of 6.9 hectares, 13 planting with a density of 376 trees / ha. In this case took place a forest inventory which then divided the trees by their diameter class and these in turn were selected randomly 60 trees for scaling and these 15 to determine the biomass and its wood density. Then they crossed situational locations around the monoculture; matched at three locations distributed on edge, intermediate and interior. In the case of biomass were divided trees in three installments, trunk, branch and leaf and estimation of density were removed 4.0 cm thick disks at positions 0% (basis), DAP, 25%, 50%. 75%, 100% of the total height. With the data it determined the relationship between sites according to the biomass (kg), volume (m3) and specific gravity ($g.cm^3$). The results showed that the local border achieved the highest growth in DBH, height, crown width with values of 40.9 cm, 38.3 m and 11.1 m respectively; these in turn showed greater volume and biomass in all its fractions (P <0.001). On the other hand, the edge and center spot showed the highest specific gravity, with 0.542 $g.cm^3$

and 0.545 respectively. Finally the trees in the intermediate site show slower growth for the removal of trees from the edge.

Keywords: Biomass eucalyptus; Volume: Basic density

4.1 Introdução

O gênero *Eucalyptus* conta com mais de 600 espécies constituindo-se em uma das principais fornecedoras de produtos madeireiros e ambientais para atender as necessidades mundiais crescentes. Os eucaliptos são espécies heliófitas caracterizado por seu rápido crescimento, com elevada capacidade fotossintética e diversificadas arquiteturas de copas adaptadas a vários objetivos produtivos. O eucalipto apresenta uma elevada produção de fitomassa em ciclos relativamente curto podendo ser plantado até mesmo em solos degradados (MACEDO et al., 2010).

No Brasil, a produtividade média das florestas de eucalipto é de 30 a 40 $m^3 . ha^{-1}$. Estimativas indicam que até 2030 o consumo mundial de madeira em toras aumentará aproximadamente 60% em relação ao consumo atual, o qual alcançará 2,4 bilhões de m^3 (FAO, 2002). Por outro lado os padrões de espaçamento nos plantios homogêneos de eucalipto vêm causando atualmente debates sobre a importância do fator irradiância, encontrando-se em muitos casos que seria o principal motor de produção.

Outro fator de suma importância para a estimativa da fitomassa florestal é a densidade básica da madeira. Este é uma propriedade relativamente fácil de ser determinada e trata-se de um índice para análise da viabilidade do emprego da madeira para os diversos usos, sendo um dos critérios de maior importância para determinar a qualidade da madeira para energia e construções.

Dentro desse contexto, para a fitomassa reveste-se de notável importância na construção de sistemas descentralizados de suprimento em pequena escala, uma vez que permite o aproveitamento de recursos naturais locais, bem como a compatibilização da potência gerada de acordo com uma demanda específica, aumentando a autossuficiência dessas regiões e reduzindo o custo da energia. Quanto maior a quantidade de biomassa, maior será a emissão de gases do efeito estufa a partir do desmatamento. Contudo, as estimativas de fitomassa feitas no Brasil ainda são poucas e de estoque real incerta.

‘

A determinação da fitomassa também está diretamente ligada a questões que envolvem o clima, pois ela é utilizada para estimar os estoques de carbono, que por sua vez, são utilizados para estimar a quantidade de CO2 que é liberada ou pela respiração vegetal ou por queimadas.

Este estudo visa mostrar a respostas das modificações estruturais numa monocultura de *Eucalyptus urograndis* em relação a sua posição espacial. Calculando a fitomassa aérea em três locais de estudo pelo abate das arvores em função de sua classe diamétrica, separando suas frações: tronco, galho e folhas. De a mesma forma estimar sua densidade básica nas posições espacial.

4.2 Material e métodos

4.2.1 Caracterização do experimento

O experimento foi realizado na gleba 2 no talhão 33A, implantado em outubro de 2002, pertencente à Estação Experimental de Ciências Florestais Anhembi/SP (22º40’ S, 48º10’ W) às margens da barragem de Barra Bonita do rio Tietê a uma altitude de 455 m e abrange uma área total de 663,49 ha. O relevo é plano com predominância de latossolos e quartzarênicos neossolos. O clima é do tipo Cwa de acordo com a classificação de Köppen com estação seca de inverno e temperatura média anual de 23ºC. A temperatura mínima média do mês mais frio é de 5ºC e a temperatura máxima média do mês mais quente de 34ºC. A precipitação média anual é de 1.100 mm.

A área utilizada para o experimento foi a monocultura de *Eucalyptus urograndis* de 6,9 hectares, de 12 anos de plantio. Atualmente essa área possui um espaçamento aproximado de 6x4m com uma densidade de 376 árv.ha^{-1}. Inicialmente os eucaliptos foram plantados em um espaçamento de 3x2m tendo sido realizado dois desbastes em datas não conhecidas para assim melhorar as condições de crescimento das plantas.

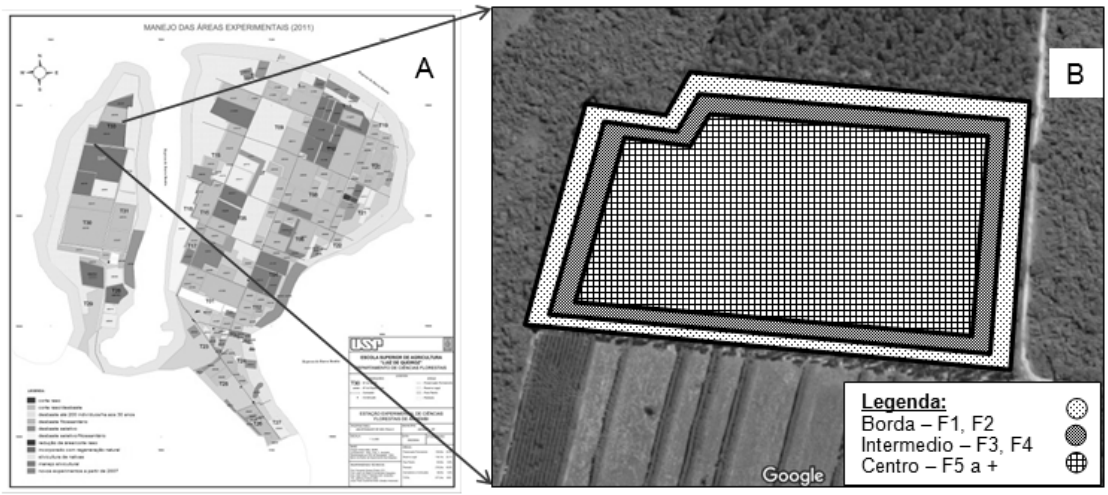


Figura 4.1 – A. Vista aérea da localização do talhão 33A e B. O desenho experimental do estudo, correspondidos pelo local borda – F1, F2; intermédio – F3, F4; centro – F5 até o centro

4.2.2 Coleta de dados

4.2.2.1 Inventário florestal

O inventário das árvores foi realizado entre março e abril de 2014, medindo-se o diâmetro altura do peito (DAP) de todas as árvores presentes no talhão (2600 árvores). Foram marcados nas de plantio de 1 – 104. Ás árvores foi numerado na sua posição em cada linha, deste modo foi possível estabelecer a posição geográfica coordenada (X; Y) de cada árvore no talhão. Após isso se estabeleceram faixas ao redor de cada talhão que chamadas fileiras que foram borda (F1; F2), intermédio (F3; F4) e centro (árvores posicionadas nas fileiras subsequentes até o centro do talhão) como se pode apreciar na Figura 4.1B.

As medições foram o diâmetro à altura do peito (DAP) que foi obtido medindo-o diretamente com auxílio de uma suta diamétrica (100 cm) marca Haglof com precisão de 1 mm. A altura total (m) e altura do tronco (m – medidas entre o nível do solo e o ápice da planta; e daquele até o início do galho mais baixo) foram medidas a cada 8 árvores. As alturas foram estimadas com o auxílio de um vertéx Haglof com precisão de 0,1 m. Também se avaliou o dossel vegetal da parcela, para este se fizeram 12 leituras com ajuda do aparelho LAI-2000.

‘

4.2.2.2 Agrupamento em classes de diâmetro

Finalizada a determinação dos parâmetros dendromêtricos (DAP e alturas), as árvores do povoamento foram agrupadas em classes de DAP. Foram estipuladas quatro classes diamétricas: 17,2-25,6 cm; 25,6-34,0 cm; 34,0-42,4 cm; e 42,4-50,8, cm tal como se mostra na Tabela 4.1. De cada classe diamétrica foram escolhidas aleatoriamente quinze árvores somando 60 árvores para abate (Cubagem) e cinco árvores somando 20 árvores para pesagem (Biomassa).

Tabela 4.1 - Distribuição de frequência do diâmetro à altura do peito (DAP), em cm

Classes de DAP (cm)	DAP médio	N° árvores	Dfa	fp (%)
[17,2; 25,6]	21,4	927	0,3565	35,65
[25,6; 34]	29,8	1384	0,5323	53,23
[34; 42,4]	38,2	264	0,1015	10,15
[42,4; 50,8]	46,6	25	0,0096	0,96
Total	-	2600	1,0000	100,00

dfa: desviação de frequência absoluta; fp: freqüência média

4.2.2.2.1 Cubagem das árvores abatidas

Para a realização da cubagem foram abatidas 60 árvores separadas nas classes diamétricas estabelecidas. Para cada árvore abatida realizou-se a cubagem rigorosa pelo método de *Smalian*, sendo essas seccionadas e medidos os diâmetros do tronco de metro em metro até o diâmetro mínimo de 8 cm – onde se estabelece a altura do tronco comercial.

Figura 4.2 - Medições das secções dos diâmetros do tronco da arvore a cada metro

O volume de cada secção foi calculado em função de seu comprimento e dos diâmetros de cada uma das extremidades. O volume verde de cada árvore cubada foi obtido por meio da Equação 1:

$$V = \pi \left(\frac{DAP}{2}\right)^2 * H \text{.....Eq. 1}$$

Onde, DAP: Diâmetro à altura do peito da seção e; H: Comprimento da seção.

4.2.2.2.2 Determinação e estimativa da fitomassa aérea

Para determinação da fitomassa aérea foram separadas aleatoriamente 15 árvores das 60 árvores cubadas. Estas foram então separadas em suas frações folha, galho e tronco. Primeiro se cortaram os galhos estes foram levados numa lona modelo carreteiro, material polietileno de 5x4 m para serem tiradas as folhas como se pode observar na Figura 4.3A. As folhas logo foram colocadas em um saco de capacidade com 50 kg. (Figura 4.3B) para ser pesados na balança eletrônica marca *Pesola* (PCS0300) com capacidade de 300 kg, com precisão de +/- 0,1 kg. Seguido foi pesado os galhos e o tronco foi seccionado de metro em metro para sua respectiva pessagem adequada (Figura 4.3C 4.3D). Na pessagem se usou um suporte de madeira acompanhado de um pallet, este com a finalidade de colocar o as toras, galhos e folhas e assim melhorar as labores de pessagem.

‘

Figura 4.3 - Separação dos componentes (folha, galho, tronco), e sua pesagem em campo

Para estimar o peso seco foram retirados amostras no tronco, galho e folha. Para tronco foram cortados discos em cada posição da árvore (0%, DAP, 25%, 50%, 75%, 100% da altura da árvore) e este a sua vez foram utilizados para determinação da densidade básica da madeira. Para o caso dos galhos foram selecionadas de diversos tamanhos (grossos, meios, finos) utilizando-se entre 0,5 – 1 kg para amostragem. Finalmente no caso das folhas estes foi retirada uma porção de aproximadamente 400 gr. que a sua vez este foi utilizado também para a determinação da área foliar específica (AFE). Respeito ás pessagem de cada amostra nos discos de madeira se utilizou a balança eletrônica marca *Pesola* (PCS0300) com capacidade de 300 kg, com precisão de +/- 0,1 kg. Para pessagem dos componentes galho e folha usou-se uma balança mecânica marca *Pesola* (Modelo 41000) com capacidade de 1 kg, com precisão de +/- 0,3 %.

4.2.2.2.3 Determinação da fitomassa de folha e área foliar específica (AFE)

Após o abate das árvores selecionadas (15 indivíduos), todas as folhas verdes da copa foram retiradas e pesadas para obtenção da massa úmida total. Do

total de folhas foram retiradas por árvore uma amostra de aproximadamente 400 gr que foi utilizado para estimação de fitomassa seca e determinação de AFE e estes levados para o laboratório. Para determinação de fitomassa seca foi obtidas a massa úmida (massa úmida/amostra). Destes foram selecionadas 100 folhas por árvore para a determinação da área foliar específica (AFE, m^2 kg^{-1}), para isso se estimou sua superfície foliar, utilizando um aparelho integrador óptico de área foliar (LI–3100). Em seguida, as 100 folhas foram novamente colocadas com as demais amostras e levadas em estufa de circulação forçada de ar a 65º C e quando apresentadas massas constantes, as amostras foram pesadas novamente para determinação da massa seca (massa seca/amostra).

4.2.2.2.4 Determinação da densidade básica

Para a determinação da densidade básica por cada árvore abatida foram retirados seis discos de aproximadamente 4 cm de espessura, representando diferentes posições axiais da tora; estes foram na base (0,10 m); DAP (1,30 m); a 25%, 50%, 75% e 100% da altura total, como se pode observar na Figura 4.4. Desta maneira foi codificado de acordo a sua posição e levado ao laboratório.

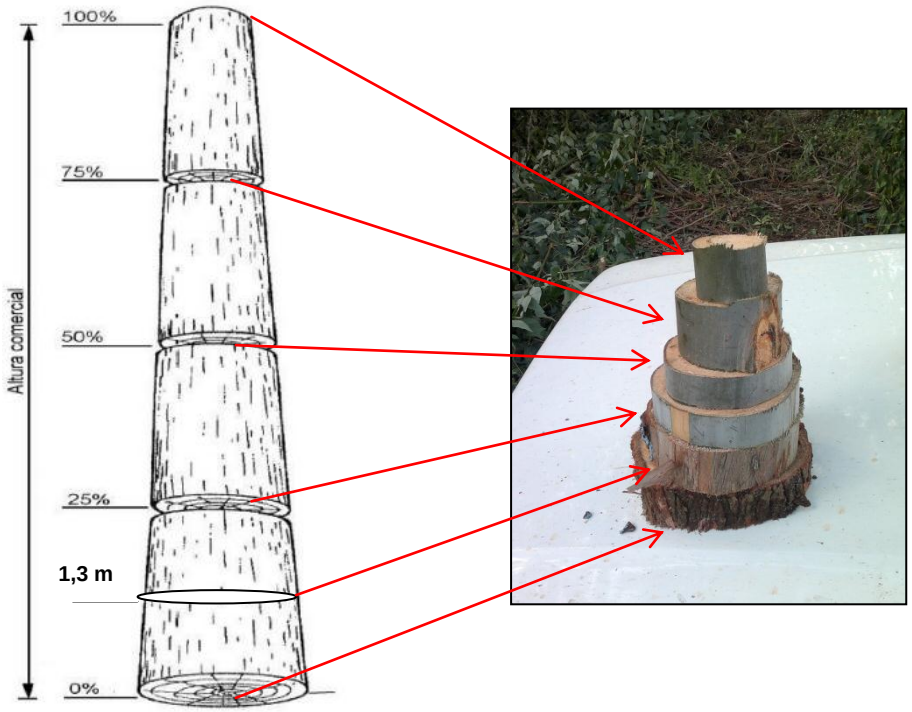


Figura 4.4 - Esquema de coleta de disco em cada árvore (adaptado de Costa, 2011)

‘

Os discos uma vez no laboratório se procederam a cortar duas seções por cada disco, partindo-se do centro da medula até a extremidade do alburno. As seções cortadas foram codificadas utilizando-se lápis cópia e colocadas numa malha. Estes logo foram imersas em um recipiente com agua de 1000 litros de capacidade e permanecendo por 40 dias ou até conseguir saturar as fibras dos discos. Logo do tempo transcorrido no recipiente se procederam a pesar cada seção da amostra. Para tal fim o volume saturado foi determinado por meio do método de deslocamento da água como se pode observar na Figura 4.5. Posteriormente, as cunhas foram submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 103ºC até obtenção de massa constante (massa seca). Depois foram pesadas com o auxílio de uma balança eletrônica de precisão marca Adventure modelo AUY-220 com precisão de 0,01. Desta forma obteve-se representatividade da extensão radial em altura da tora. Procedeu-se ao cálculo da densidade básica da madeira conforme a Equação 2.

$$DB = \frac{P_s}{P_h - P_i} \text{.....Eq. 2}$$

Onde DB - densidade básica; P_S – peso seco; P_h – peso húmido; P_i – peso imerso.

Figura 4.5 – Determinação do volume saturado ou peso imerso do disco por meio do método de deslocamento de agua

4.3 Análises de dados

Foi realizada uma análise de comparação de médias Tukey – Kramer nos parâmetros de interesse. Foram realizadas análises de regressão através do software SAS® (SAS, 2008) entre DAP e altura total com as variáveis de fitomassa total e divididos em seus componentes tronco, galho e folha. A análise dos resíduos foi realizada para verificação do comportamento dos dados e correspondente

atendimento dos pressupostos do modelo de regressão e aplicando o teste de significância (teste F).

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Altura total e do fuste, DAP e comprimento da copa.

A Figura 4.6 mostra três árvores desenhadas com seus valores médios das variáveis fitométricas avaliadas, estes posicionados em seus respectivos locais.

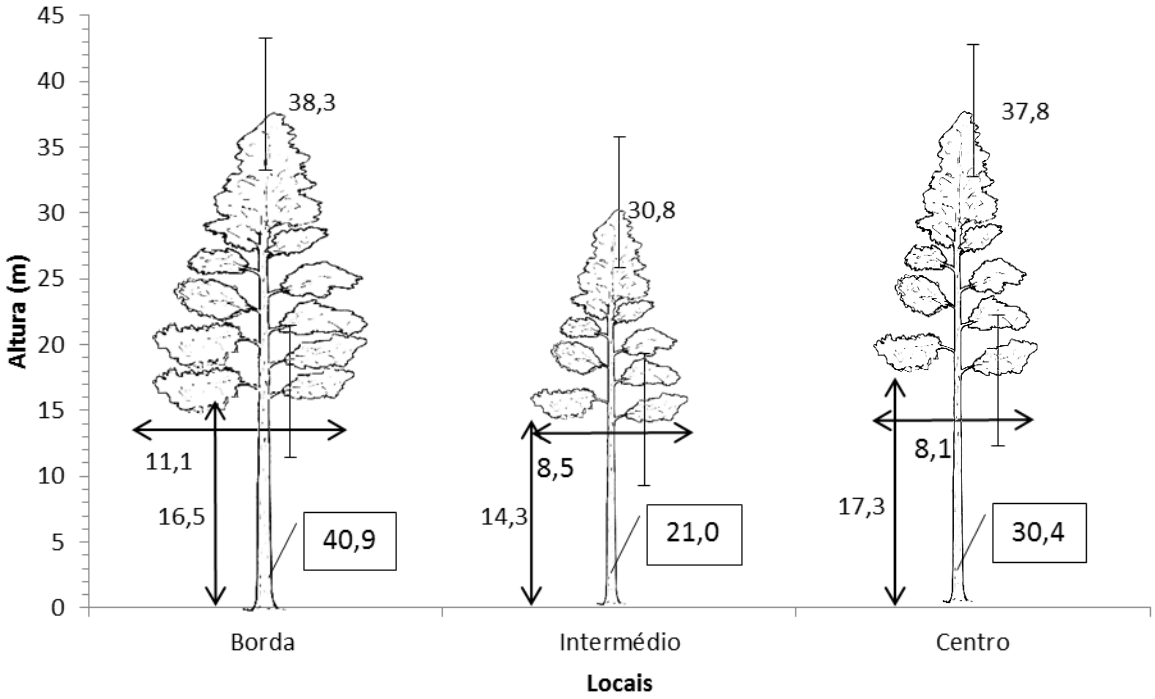


Figura 4.6 - Médias dos valores das variáveis, altura total, altura do fuste, DAP e largura da copa em função aos locais, borda, intermédio e centro

Na Figura 4.6, observa-se um desenho esquemático de três arvores nos local borda, intermédio e centro. Avaliaram-se as variáveis fitométricas como altura total e do fuste, DAP e largura de copa em relação à sua posição espacial no talhão. Em forma geral as árvores que se encontraram na posição borda foram as que tiveram maior altura total e fuste, DAP e largura da copa. Para este local a altura total e do fuste apresentaram 38,3 m e 16,5 m respectivamente, seguido do DAP com 40,9 cm e a largura de copa com 11,1 m. Os menores valores foram observados nas posições intermédias e centro. Para o local centro apresentou uma altura total e do fuste de 37,8m e 17,3 m, seguido do DAP com 30,4 cm e a largura de copa com 8,1

‘

m. Finalmente o local intermédio apresentou uma altura total e do fuste de 30,8 m e 14,3 m, seguido do DAP com 21 cm e a largura de copa de 8,5 m. Se observou que para o local centro e intermédio a largura de copa não mostrou nenhuma diferencia entre seus valores, este a sua vez mostrou uma tendência de menor copa conforme vá afastando-se da borda. Para o caso da altura total as árvores no local borda e centro não apresentaram nenhuma diferença entre seus valores médios. Por outro lado as árvores do local intermédio apresentaram menores alturas. Para o caso do DAP ás árvores nos três locais sim apresentaram diferenças entre seus valores.

Este comportamento se deve provavelmente à competição exercida pelas árvores de maior porte em sua proximidade, como se observou nas árvores do local borda, que a sua vez esteve ligada à diminuição da radiação solar nas árvores intermédias pela maior ocupação do espaço da copa. Este a sua vez ajudou às árvores do local centro a formar sua copa o alto possível e assim dispor de mais radiação solar para as folhas. Outro fator importante foi o espaçamento entre árvores, que ao momento do estudo já tinha o segundo desbaste e este pode ter influenciado a ganho de altura e DAP nas árvores.

4.3.1 Fitomassa

Na Tabela 4.2 podem-se observar os valores médios de fitomassa aérea das árvores e seus componentes em cada posição na parcela e suas variáveis fitométricas como DAP e altura total.

Tabela 4.2 - Média dos valores de fitomassa de galho, folha, e tronco em função do local espacial na parcela (Borda, intermédio, centro)

Locais espaciais das árvores	**DAP (cm)**	**Altura total (m)**	**Fitomassa (Kg)**			
			Galho	**Folha**	**Tronco**	**Total**
Borda	36,07 a	34,67 a	95,04 a	25,14 a	953,78 a	1073,09 a
Intermédio	26,87 b	30,94 b	34,17 b	9,81 b	495,37 b	540,78 b
Centro	27,73 b	35,12 a	37,46 b	10,65 b	521,44 b	570,92 b

De acordo à Figura 4.7 se observa que a local borda mostrou maiores médias de fitomassa aérea em quase todos seus componentes. Desta forma o local

intermédio e centro não tiveram diferença entre suas médias de fitomassa aérea total e seus componentes (galho, folha, tronco) e este que a sua vez foram os menores.

A sequência de alocação da fitomassa nas árvores da borda foi de 954, 95 e 25 kg no tronco (T); galho (G) e folha (F) respectivamente. No entanto, a linha central apresentou valores de 521 kg (T), 37 kg (G) e 11 kg (F) kg. A sua vez o local intermédio mostrou o seguinte 495 kg (T), 34 kg (G), 10 kg (F) consecutivamente. Não foram encontradas diferenças entre médias no DAP e as árvores dos locais centro e intermédio; deste modo as árvores da borda obtiveram o maior valor no DAP com 36,1 cm. Porem as árvores da borda e o centro não mostrou diferença na altura total tendo assim os valores de 34,7 m e 35,1 m respectivamente, tal como se pode observar na Figura 4.7.

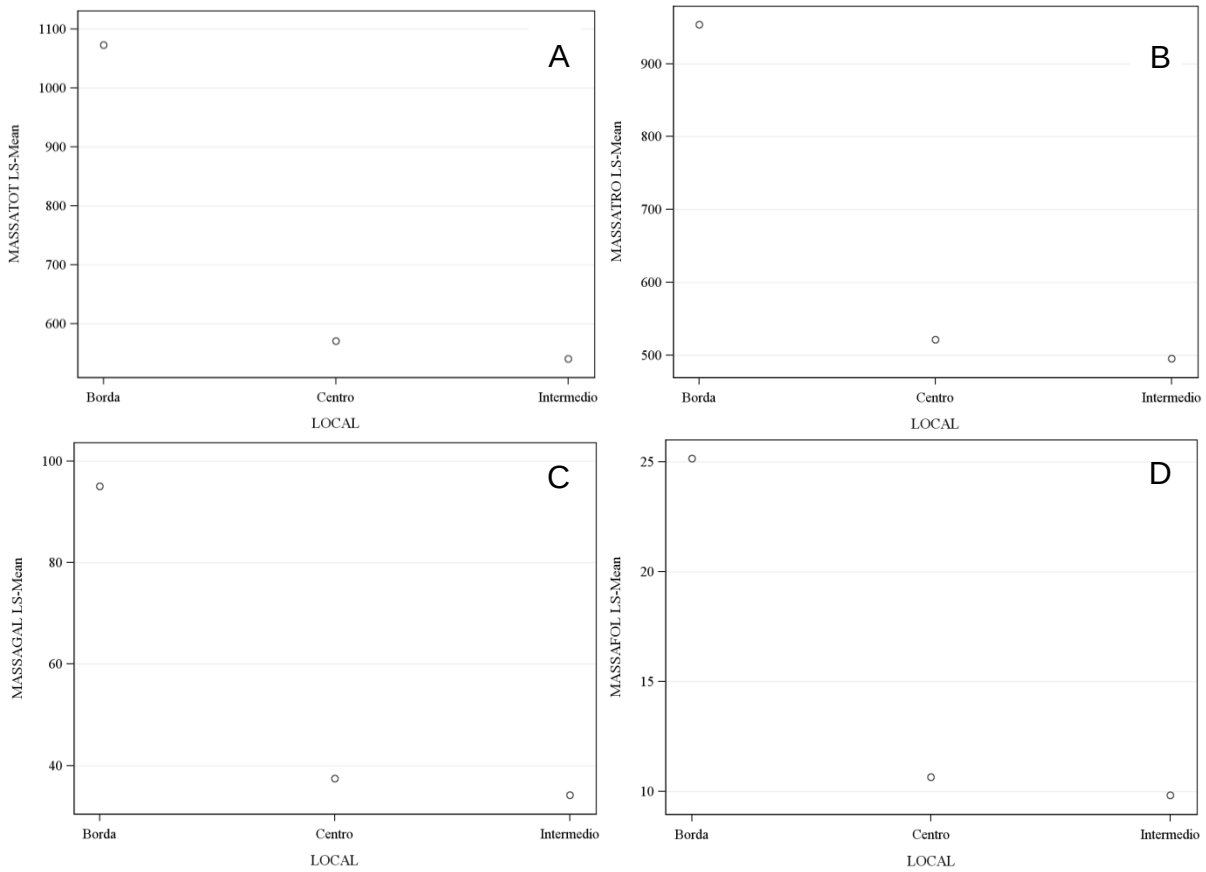


Figura 4.7 – Valores médios pelas análises Tukey - Kramer com as respectivas fitomassa total e seus componentes em tronco, galho e folha

‘

4.3.1.1 Análises de regressão das variáveis

Na Tabela 4.3 se apresentam as equações da variável fitomassa e seus componentes em tronco, galho e folha. Também são vistos o coeficiente de determinação (R^2) e variação (%) com sua respectiva significância (Pr > F).

Tabela 4.3 – Análises de regressão entre DAP e altura total com a variável biomassa total e seus componentes (tronco, de galho e de folha)

Variável	Equação	R^2 ajustado	Pr > F	CV %
Fitomassa total	Y=-3,94658ln(a^2)(b)+1,00138	0,99	<,0001	1,55480
Fitomassa tronco	Y=-3,61898ln(a^2)(b)+1,096098	0,98	<,0001	1,61766
Fitomassa galho	Y=-7,48755ln(a)+3,29757	0,97	<,0001	5,64985
Fitomassa folha	Y=-7,85473ln(a)+3,02396	0,93	<,0001	11,21913

(a): DAP; (b): altura total

Desta forma o modelo da equação quadrática foi que mais se ajustaram para as variáveis fitomassa total (R^2 = 0,99) e de tronco (R^2 = 0,98); porem o modelo logarítmico mostrou melhor ajuste na variável fitomassa de galho (R^2 = 0,97) e de folha (R^2 = 0,93). Desta forma estatisticamente há uma relação altamente significativa entre DAP e fitomassa total e seus componentes com um P_{valor} > 0,1%.

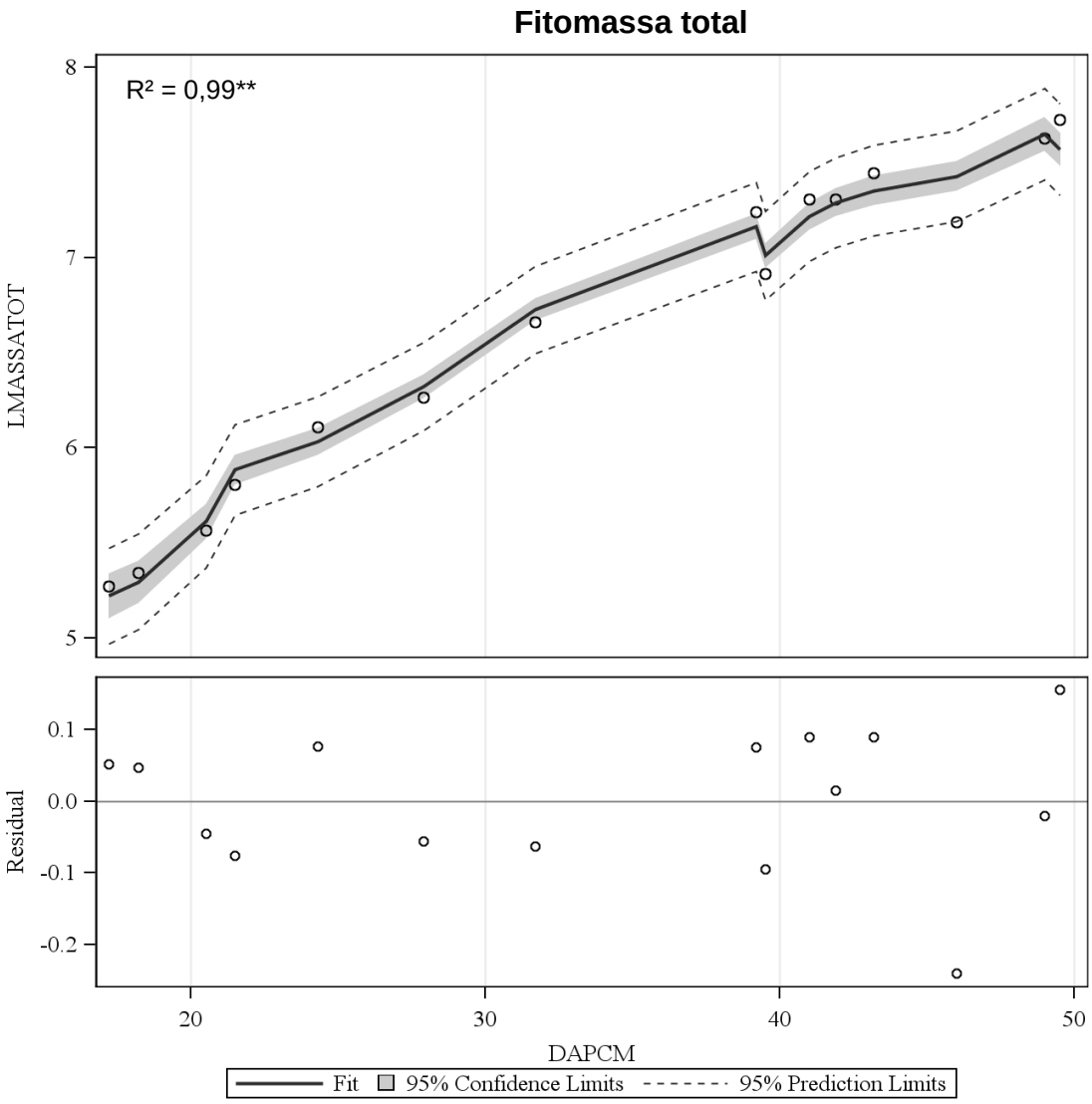


Figura 4.8 - Análises de regressão e residual entre DAP e altura total da variável fitomassa total

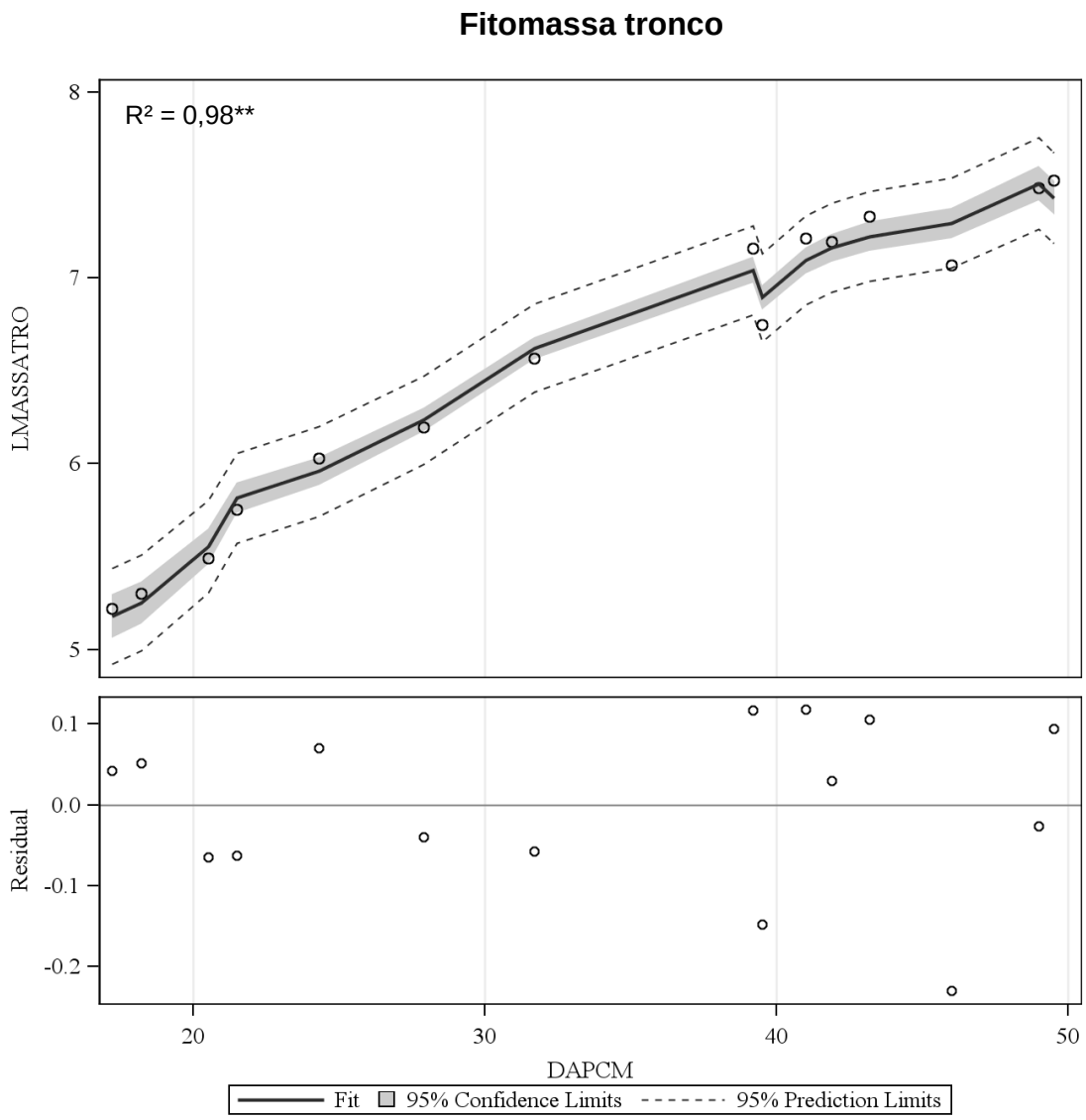


Figura 4.9 - Análises de regressão e residual entre DAP e altura total da variável fitomassa do tronco

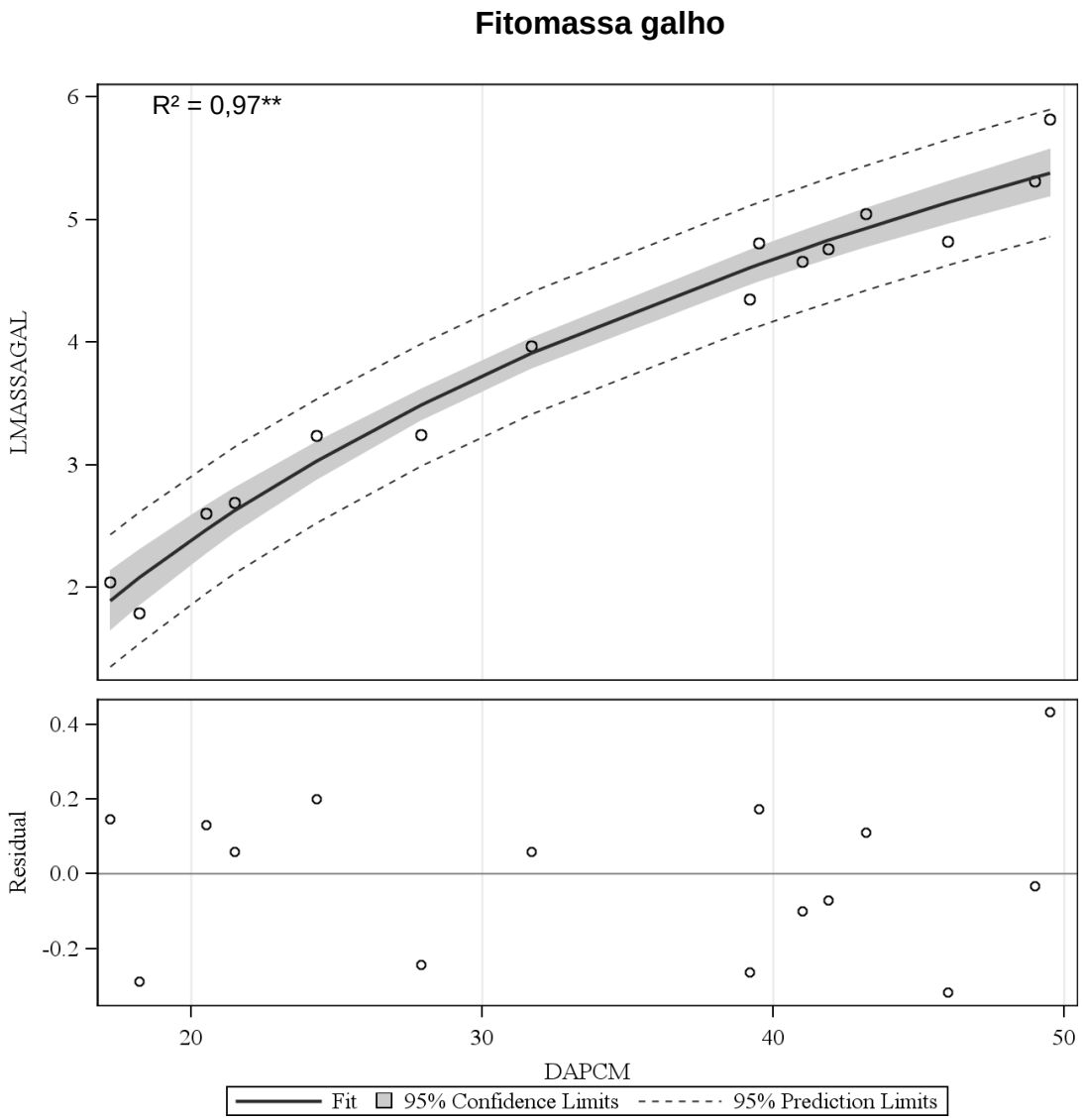


Figura 4. 10 - Análises de regressão e residual entre DAP e altura total da variável fitomassa de galho

‘

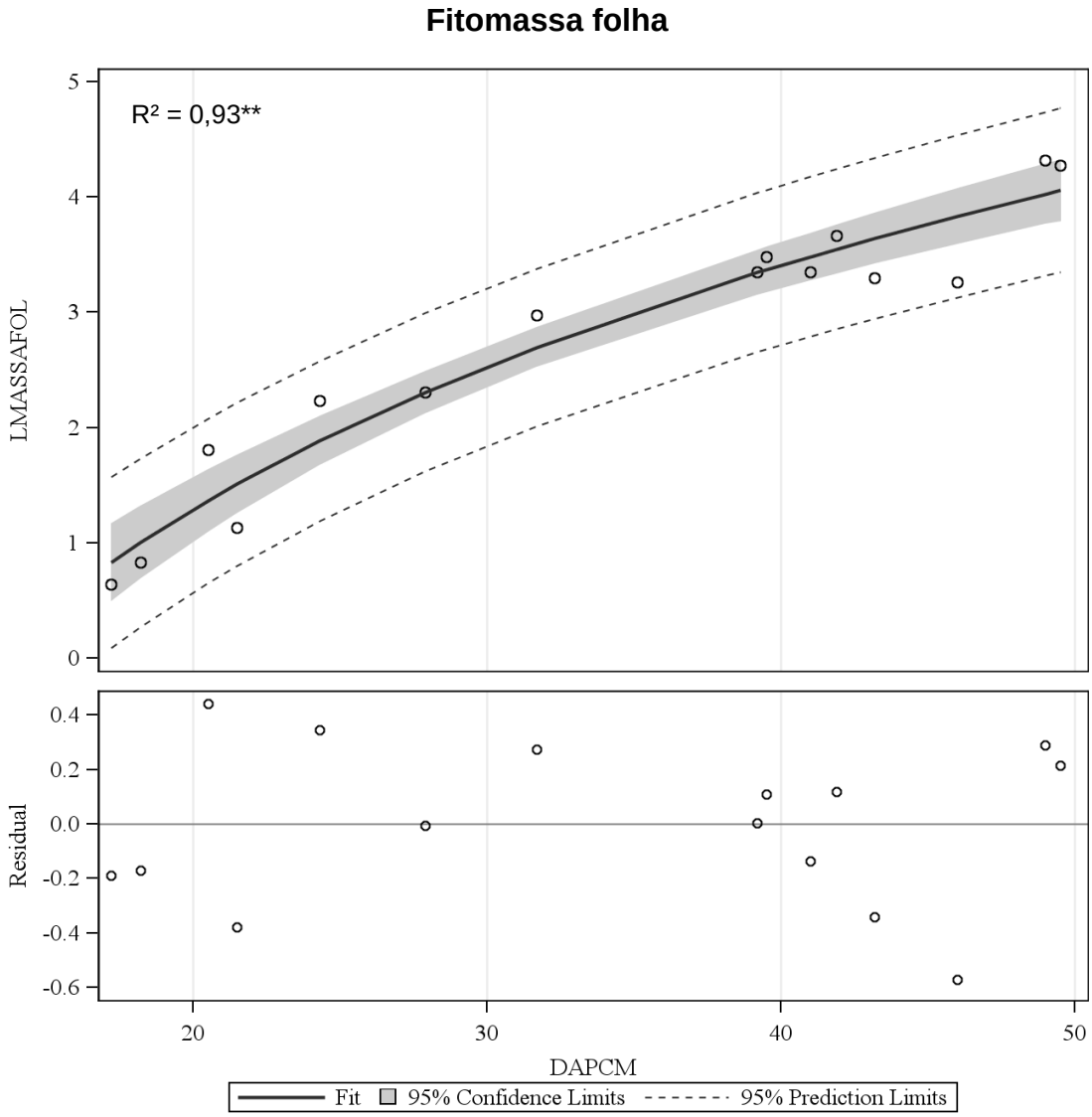


Figura 4. 11 - Análises de regressão e residual entre DAP e altura total da variável fitomassa da folha

Na distribuição da fitomassa se observaram que nos três componentes (tronco, galho e folhas) tiveram distribuição similar diferindo cada uma em seus locais espaciais. Estes resultados são similares aos encontrados por Lacerda et al. (2009), onde as árvores que se encontravam na borda foram os que tiveram a maior fitomassa total. Da mesma forma resultaram com os maiores DAP, altura total e volume, como se pode observar nas Figuras 4.8; 4.9; 4.10; 4.11.

4.3.1.1.3 Determinação da densidade básica

Na Figura 4.9 podem-se observar os valores da densidade básica da madeira encontrados em cada local. A maior densidade média básica foi encontrada nas árvores situadas na borda e no centro com 0,542 g.cm^{-3} e 0,545 g.cm^{-3} respectivamente. As árvores do local intermédio apresentaram a menor densidade com 0.501 g.cm^{-3}.

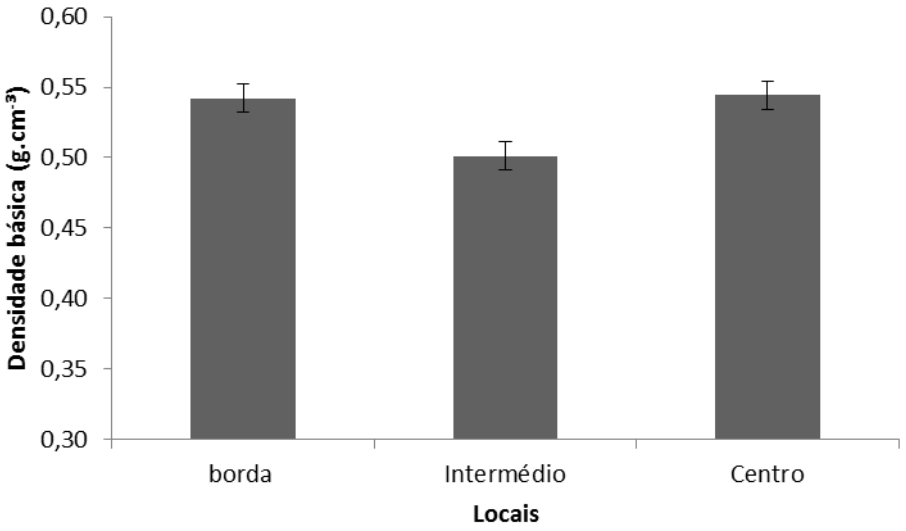


Figura 4.12 - Determinação da densidade média básica das árvores do *E. urograndis* de 13 anos de idade em função a sua posição espacial, em borda, intermédio e centro

4.4 Conclusões

As árvores posicionadas no local borda mostraram valores significativamente maiores de fitomassa em seus componentes tronco, galho e folha. Estes a sua vez apresentaram os maiores valores de DAP, altura total e largura da copa.

As árvores dos locais borda e centro mostraram maior densidade básica da madeira.

Referências

FAO. **Agricultura mundial:** hacia los años 2015/2030; informe resumido. Roma, 2002. 9 p.

COSTA, J.A. **Qualidade da madeira de *Eucalyptus urograndis*, plantados no Distrito Federal, para produção de celulose kraft**. 2011. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

‘

LACERDA, J.S. de; COUTO, H.T. do; HIROTA, M.M.; PASISHNYK, N.; POLIZEL, J.L. **Estimativa da fitomassa e carbono em áreas restauradas com plantio de essências nativas.** Piracicaba: ESALQ, 2009. Disponível em: <http://cmq.esalq.usp.br/wiki/lib/exe/fetch.php?media=publico:metrvm:metrvm-2009-n05.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2016.

SANTANA, R.C.; BARROS DE, N.F.; LEITE, H.G. Estimativa de fitomassa de plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Árvore,** Viçosa, v. 32, n. 4, jul./ago. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622008000400011>. Acesso em: 12 jan. 2016.

VIERA, M. **Crescimento inicial e produtividade em plantios monoespecificos e mistos de *Eucalyptus urograndis* e *Acacia mearnsii* em sistema agrossilvicultural.** 2010. 141 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

‘

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No primeiro estudo se concluí que parcelas acima de 80% de cobertura das copas não dão para o crescimento das forrageiras no sub-bosque. Caso aparte do *E. urograndis* que ainda tendo cobertura fechada manteve disponibilidade de forragem todo o ano.

Por outro lado no segundo estudo se concluí que a pastagem não se viu prejudicada pela sombra das árvores do E. grancam (COP 1377) na sua disponibilidade, mas sim houve uma menor produção da fração folha, e que a 65% de irradiância o pasto manteve a mesma produção que a 75% de irradiância, contudo isto o espaçamento de 39 m (onda longa) foi que mostrou maior fitomassa no sistema silvipastoril.

Finalmente no terceiro estudo se observou que todas as árvores que crescem na borda e no centro da parcela mantiveram relativamente à mesma densidade básica, mas a local borda obteve maior fitomassa em todas duas fracções (tronco, galho, folha) e que o local intermédio mostrou menor fitomassa aérea por causa da dominância das árvores da borda.

Com todo isto chego a responder que não há necessidade de plantar extensas áreas de monoculturas florestais e de pasto para assim obter a maior produtividade de ambas as culturas, com este estudo se comprova que tanto as árvores de eucalipto como o pasto podem influenciar no melhor desempenho produtivo só sabendo quanto de luz precisam ambas culturas para assim aproveitar o ingresso de outras culturas na mesma parcela e seja economicamente, socialmente e ambientalmente sustentável, para os grandes empreendimentos e os mediano e pequenos agricultores.

Na época de chuva (dezembro), como se observa na Figura 3.2 (b), à medida que a disponibilidade de irradiação aumenta, a disponibilidade de fitomassa aumenta. Por consequência, a maior disponibilidade de *B. decumbens* foi encontrada no tratamento OL onde a irradiância variou entre 69 a 75% (distâncias variando entre 10,5 e 19,5 m) com valores médios de entre 6 – 7 ton. MS.ha^{-1}.

‘

ANEXOS

‘

Anexo A - Variação mensal da fitomassa da forragem em função do grãu de cobertura do dossel em sistemas silvipastoris

Tabela 5.1 – Parâmetros avaliados no tratamento Eucalipto urograndis com pastagens *Brachiaria decumbens* em relação à data de coleta

Ano	Data de Coleta	Eucalipto urograndis - *Brachiaria decumbens*							
		Fitomassa (Kg MS.ha^{-1})	Componente (kg.ha^{-1})			Cobertura (%)	IAF (m².kg^{-1})	AFE (m².kg^{-1})	Altura (cm)
			Colmo	Folha	M. Morto				
2014	**Maio**	4642	910	415	3545	-	-	-	-
	Junho	1840	371	156	1314	86,4	-	30,71	-
	Julho	2775	282	45	2449	87,4	-	38,64	26,5
	Agosto	Não se avaliou							
	Setembro	301	38	25	239	93,4	2,11	30,42	28,8
	Outubro	2425	26	34	2401	93,1	1,57	37,00	29,7
	Novembro	4213	764	1743	2759	94,7	2,01	30,40	24,3
	Dezembro	2033	81	194	1775	95,6	1,76	27,71	35,3
2015	**Janeiro**	Não se avaliou							
	Fevereiro	1177	130	178	930	94,1	2,57	32,43	48,1
	Março	1165	263	382	520	90,7	1,93	22,84	53,8
	Abril	1762	282	625	855	93,3	1,85	22,25	63,7
Media total		**2233**	**306**	**376**	**1617**	**92,1**	**1,97**	**30,26**	**38,8**

Tabela 5.2 – Parâmetros avaliados no tratamento *Eucalyptus citriodora com pastagens Brachiaria decumbens* em relação à data de coleta

Ano	Data de Coleta	*Eucalyptus citriodora - Brachiaria decumbens*							
		Fitomassa (Kg MS.ha^{-1})	Componente (kg.ha^{-1})			Cobertura (%)	IAF (m².kg^{-1})	AFE (m².kg^{-1})	Altura (cm)
			Colmo	Folha	M. Morto				
2014	**Maio**	1870	342	356	1173	-	-	-	-
	Junho	1003	142	182	679	87,4	-	27,02	-
	Julho	1068	131	75	862	83,0	-	31,93	23,0
	Agosto	Não se avaliou							
	Setembro	250	52	45	153	88,1	1,98	24,46	23,9
	Outubro	556	87	116	353	92,8	1,15	27,86	26,3
	Novembro	1032	395	275	385	93,6	1,5	30,48	26,3
	Dezembro	491	98	187	244	92,7	1,37	24,18	43,6
2015	**Janeiro**	Não se avaliou							
	Fevereiro	493	192	239	78	95,7	2,31	19,05	53,7
	Março	1312	447	709	156	93,7	1,67	18,69	47,6
	Abril	1245	484	629	132	96,8	1,62	22,10	60,1
Media total		**932**	**237**	**283**	**429**	**91,5**	**1,66**	**25,09**	**38,1**

Tabela 5.3 – Parâmetros avaliados no tratamento *Pinus tecunumanii com pastagens Panicum sp* em relação a data de coleta

Ano	Data de Coleta	***Pinus tecunumanii - Panicum sp***							
		Fitomassa (Kg MS.ha^{-1})	**Componente (kg.ha^{-1})**			**Cobertura (%)**	**IAF (m².kg^{-1})**	**AFE (m².kg^{-1})**	**Altura (cm)**
			Colmo	**Folha**	**M. Morto**				
2014	**Maio**	1061		739	322	-	-	-	-
	Junho	856	345	180	330	86,8	-	43,24	-
	Julho	2287	748	566	937	98,0	-	40,29	24
	Agosto	Não se avaliou							
	Setembro	42	12	20	13	98,7	3,66	43,12	23,76
	Outubro	254	61	15	178	98,0	2,95	37,54	16,5
	Novembro	41	22	62	1	97,7	3,09	38,14	17,4
	Dezembro	35	12	22	6	96,9	2,65	34,69	23
2015	**Janeiro**	Não se avaliou							
	Fevereiro	259	104	151	7	95,3	2,91	28,08	30
	Março	447	163	281	8	92,2	3,57	24,14	27,7
	Abril	415	189	194	38	96,7	2,09	24,23	20,8
Media total		**570**	**209**	**225**	**246**	**95,6**	**3,0**	**34,83**	**22,9**

Tabela 5.4 – Parâmetros avaliados no pasto a pleno sol (Testemunha) em relação a data de coleta

Ano	Data de Coleta	***Testemunha - Brachiaria decumbens***					
		Fitomassa (Kg MS.ha^{-1})	**Componente (kg.ha^{-1})**			**AFE (m².kg^{-1})**	**Altura (cm)**
			Colmo	**Folha**	**M. Morto**		
2014	**Maio**	9242	2629	2232	4381	-	-
	Junho	4044	1436	785	1823	25,69	-
	Julho	4330	489	1187	2653	23,54	26,2
	Agosto	Não se avaliou					
	Setembro	4301	448	868	2986	18,71	24,2
	Outubro	8090	1638	2788	3663	27,37	34,1
	Novembro	5173	1973	2695	2965	26,56	40
	Dezembro	13564	3822	7174	2568	23,79	64,1
2015	**Janeiro**	Não se avaliou					
	Fevereiro	16138	5777	2352	8009	14,65	95,5
	Março	8620	2343	1761	4516	14,03	72,1
	Abril	17080	2972	2986	11123	18,09	70,0
Media total		**9058**	**2353**	**2483**	**4469**	**21**	**53**

‘

Tabela 5.5 – Resumo médio mensal dos valores para cada variável estudada nos diferentes talhões, baseados na disponibilidade de matéria seca, cobertura, IAF, AFE, altura e disponibilidade comparados com a testemunha.

(continua)

Ano	Coletas	Tratamento	MS total acumulada (kg MS.ha^{-1})				Cobertura (%)	IAF (m^2.m^{-2})	AFE (m^2.kg^{-1})	Altura (cm)	MS total acumulada à Testemunha (%)			
			Colmo	Folha	M. Morto	MS Total					Colmo	Folha	M. Morto	MS Total
2014	Maio	E. urograndis	910,40	414,80	3544,50	4642,10	-	-	-	-	34,62	18,58	80,91	50,23
	Junho	E. urograndis	370,96	155,68	1313,52	1840,16	86,4	-	30,71	-	25,84	19,84	72,04	45,51
	Julho	E. urograndis	281,60	44,96	2448,88	2775,44	87,4	-	38,64	26,5	57,54	3,79	92,30	64,10
	Setembro	E. urograndis	37,84	24,64	238,56	301,04	93,4	2,11	30,42	28,8	8,45	2,84	7,99	7,00
	Outubro	E. urograndis	25,60	34,00	2400,80	2424,67	93,1	1,57	37,00	29,7	1,56	1,22	65,54	29,97
	Novembro	E. urograndis	764,20	1742,50	2759,40	4212,88	94,7	2,01	30,40	24,3	38,73	64,65	93,07	81,44
	Dezembro	E. urograndis	80,60	193,84	1774,88	2033,20	95,6	1,76	27,71	35,3	2,11	2,70	69,10	14,99
2015	Fevereiro	E. urograndis	129,80	178,00	930,32	1176,56	94,1	2,57	32,43	48,1	2,25	7,57	11,62	7,29
	Março	E. urograndis	263,12	382,32	519,76	1165,20	90,7	1,93	22,84	53,8	11,23	21,71	11,51	13,52
	Abril	E. urograndis	281,76	625,36	855,04	1762,16	93,3	1,85	22,25	63,7	9,48	20,95	7,69	10,32
2014	Maio	*E. citriodora*	342,24	355,52	1172,56	1870,32	-	-	-	-	13,02	15,93	26,77	20,24
	Junho	*E. citriodora*	141,52	182,40	679,20	1003,12	87,4	-	27,02	-	9,86	23,24	37,25	24,81
	Julho	*E. citriodora*	130,88	75,36	861,92	1068,16	83,0	-	31,93	23,0	26,75	6,35	32,49	24,67
	Setembro	*E. citriodora*	51,52	44,96	153,44	249,92	88,1	1,98	24,46	23,9	11,51	5,18	5,14	5,81
	Outubro	*E. citriodora*	86,96	116,00	353,04	556,00	92,8	1,15	27,86	26,3	5,31	4,16	9,64	6,87
	Novembro	*E. citriodora*	394,55	275,05	384,74	1032,40	93,6	1,5	30,48	26,3	19,99	10,21	12,98	19,96
	Dezembro	*E. citriodora*	98,24	186,86	243,60	491,32	92,7	1,37	24,18	43,6	2,57	2,60	9,48	3,62
2015	Fevereiro	*E. citriodora*	191,60	238,56	78,00	492,56	95,7	2,31	19,05	53,7	3,32	10,14	0,97	3,05
	Março	*E. citriodora*	446,80	709,04	156,16	1312,00	93,7	1,67	18,69	47,6	19,07	40,26	3,46	15,22
	Abril	*E. citriodora*	484,16	628,72	131,76	1244,64	96,8	1,62	22,10	60,1	16,29	21,06	1,18	7,29
2014	Maio	*P. tecunumanii*	-	739,12	322,32	1061,44	-	-	-	-	-	33,11	7,36	11,48
	Junho	*P. tecunumanii*	345,04	180,24	330,48	855,76	86,8	-	43,24	-	24,03	22,97	18,13	21,16
	Julho	*P. tecunumanii*	747,80	565,80	937,20	2287,20	98,0	-	40,29	24,0	152,81	47,66	35,33	52,83
	Setembro	*P. tecunumanii*	11,75	19,99	13,13	42,24	98,7	3,66	43,12	23,8	2,62	2,30	0,44	0,98
	Outubro	*P. tecunumanii*	61,13	14,74	177,68	253,56	98,0	2,95	37,54	16,5	3,73	0,53	4,85	3,13
	Novembro	*P. tecunumanii*	22,12	61,80	0,67	41,46	97,7	3,09	38,14	17,4	1,12	2,29	0,02	0,80
	Dezembro	*P. tecunumanii*	11,79	22,31	5,85	35,25	96,9	2,65	34,69	23,0	0,31	0,31	0,23	0,26

Tabela 5.5 – Resumo médio mensal dos valores para cada variável estudada nos diferentes talhões, baseados na disponibilidade de matéria seca, cobertura, IAF, AFE, altura e disponibilidade comparados com a testemunha.

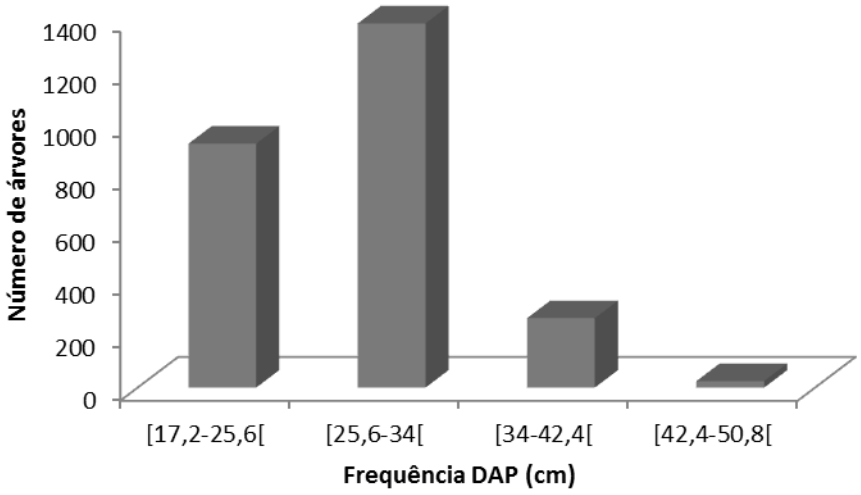
(conclusão)

Ano	Coletas	Tratamento	MS total acumulada (kg MS.ha^{-1})				Cobertura (%)	IAF (m^2.m^{-2})	AFE (m^2.kg^{-1})	Altura (cm)	MS total acumulada à Testemunha (%)			
			Colmo	Folha	M. morto	Total					Colmo	Folha	M. morto	Total
2015	Fevereiro	*P. tecunumanii*	103,76	151,20	6,93	259,12	95,3	2,91	28,08	30,0	1,80	6,43	0,09	1,61
	Março	*P. tecunumanii*	163,20	280,72	8,20	447,20	92,2	3,57	24,14	27,7	6,97	15,94	0,18	5,19
	Abril	*P. tecunumanii*	189,00	194,27	38,10	414,80	96,7	2,09	24,23	20,8	6,36	6,51	0,34	2,43
2014	Maio	Testemunha	2629,44	2232,24	4380,56	9242,24	-	-	-	-	-	-	-	-
	Junho	Testemunha	1435,60	784,72	1823,20	4043,52	-	-	25,69	-	-	-	-	-
	Julho	Testemunha	489,36	1187,20	2653,04	4329,6	-	-	23,54	26,2	-	-	-	-
	Setembro	Testemunha	447,60	867,92	2985,68	4301,2	-	-	18,71	24,2	-	-	-	-
	Outubro	Testemunha	1638,40	2787,84	3663,28	8089,52	-	-	27,37	34,1	-	-	-	-
	Novembro	Testemunha	1973,33	2695,20	2965,00	5173,12	-	-	26,56	40	-	-	-	-
	Dezembro	Testemunha	3822,08	7173,84	2568,48	13564,4	-	-	23,79	64,1	-	-	-	-
2015	Fevereiro	Testemunha	5777,04	2351,52	8009,04	16137,6	-	-	14,65	95,5	-	-	-	-
	Março	Testemunha	2342,64	1761,28	4516,48	8620,4	-	-	14,03	72,1	-	-	-	-
	Abril	Testemunha	2971,60	2985,60	11123,28	17080,48	-	-	18,09	70,0	-	-	-	-

‘

Anexo B - Disponibilidade de fitomassa de *Brachiara decumbens*, em um sistema silvipastoril com eucalipto

Tabela 5.6 - Distribuição de frequência de DAP nas árvores de Eucalipto urograndis



Anexo C - Variaçoes arquiteturais de uma monocultura de *E. urograndis* em função de sua posição espacial

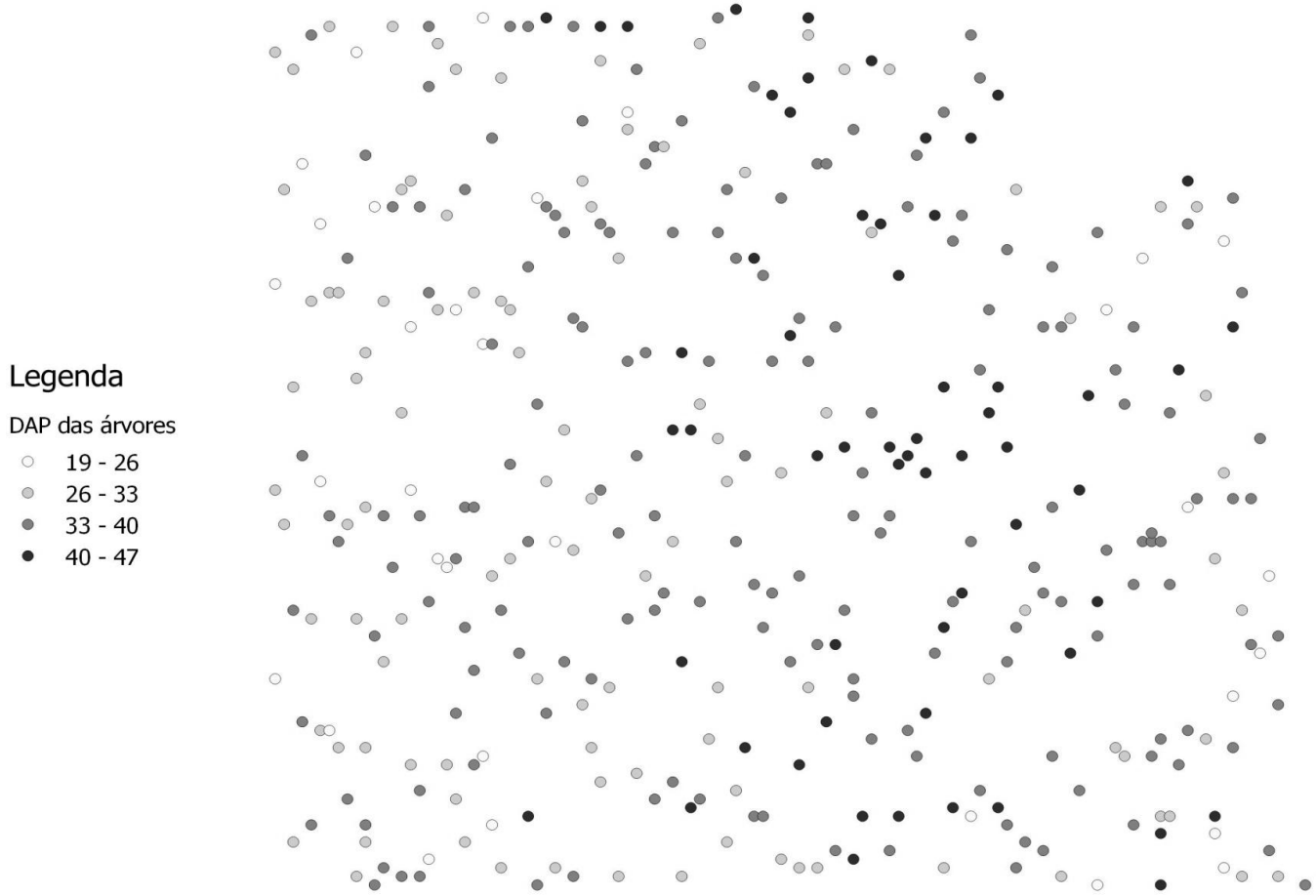


Figura 5.1 – Distribuição espacial do DAP das árvores de Eucalipto urograndis no talhão 33A

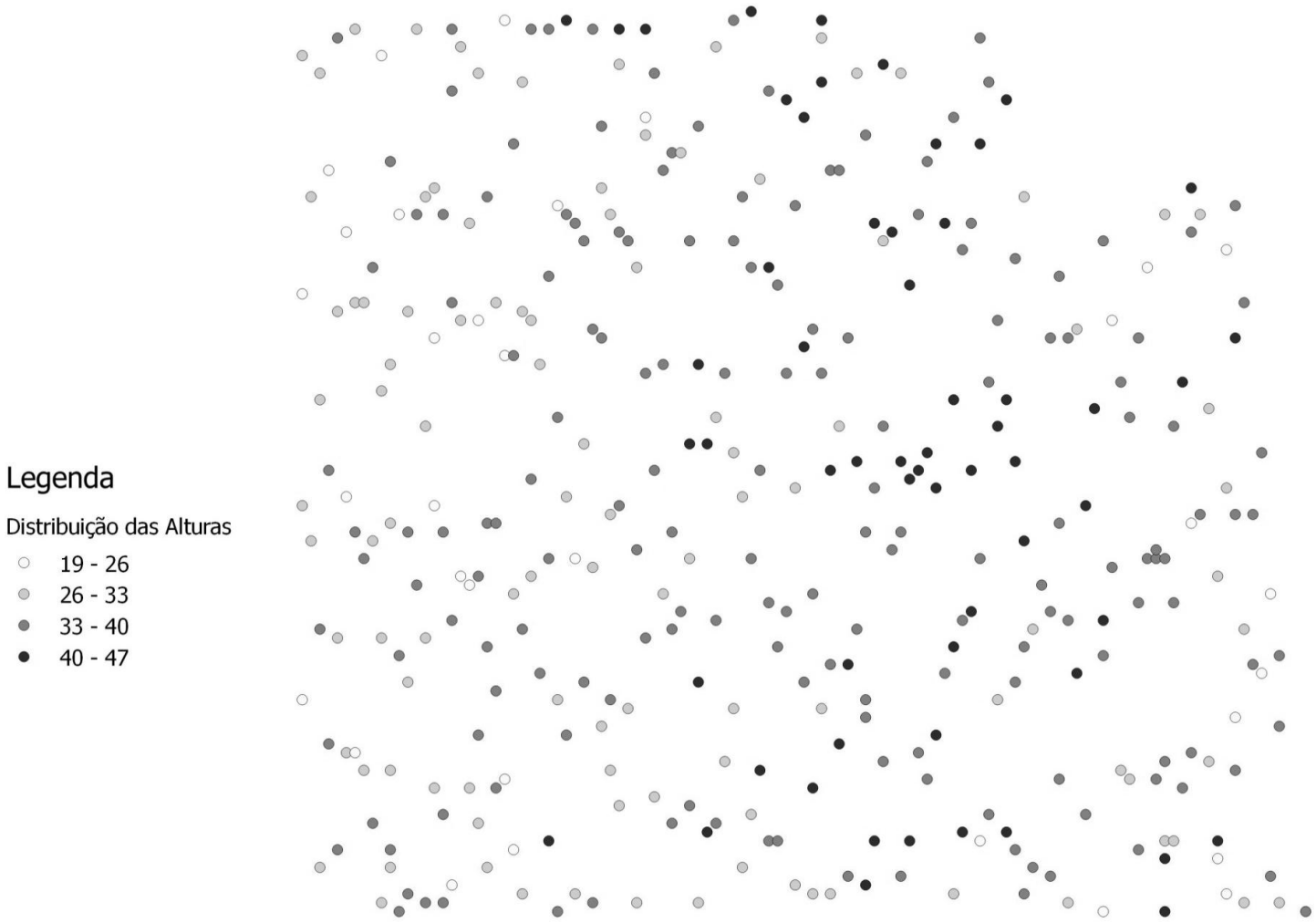


Figura 5.2 – Distribuição espacial das alturas das árvores do Eucalipto urograndis no talhão 33A