

MARIANA GONÇALVES DOS REIS

**PARTIÇÃO DA RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA E TROCAS  
GASOSAS EM CULTIVOS DE EUCALIPTO E CERRADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, para obtenção do título de Magister Scientiae.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2014

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

R375r  
2014  
Reis, Mariana Gonçalves dos, 1989-  
Partição da radiação fotossinteticamente ativa e trocas  
gasosas em cultivos de eucalipto e Cerrado / Mariana Gonçalves  
dos Reis. – Viçosa, MG, 2014.  
x, 44f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexo.

Orientador: Aristides Ribeiro.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Fotossíntese. 2. Radiação fotossinteticamente ativa.  
3. Eucalipto. 4. Cerrado. I. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de  
Pós-graduação em Meteorologia Agrícola. II. Título.

CDD 22. ed. 571.2

MARIANA GONÇALVES DOS REIS

**PARTIÇÃO DA RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA E TROCAS  
GASOSAS EM CULTIVOS DE EUCALIPTO E CERRADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, para obtenção do título de Magister Scientiae.

APROVADA: 26 de fevereiro de 2014.

---

Rodolfo Araújo Loos

---

Wagner L. Araújo  
(Coorientador)

---

Aristides Ribeiro  
(Orientador)

Aos meus amados pais Evonete e Jésus, por me ensinarem a alcançar todos os meus sonhos com muita alegria e dedicação. Aos meus irmãos Renato e Daniel por serem sempre meus companheiros. E ao meu querido namorado Elton Alves por todo o apoio, amizade e amor.

DEDICO

Coisas que os olhos não viram, nem os ouvidos ouviram, nem o coração humano imaginou, tais são os bens que Deus tem preparado para aqueles que o amam!

(I Co 2,9)

## AGRADECIMENTOS

Á Deus por ser meu sustento, minha força, minha inspiração, meu TUDO!

A minha maravilhosa família por ser minha alegria e amor. Meus pais, irmãos, cunhada (Camila Sandim) e a minha linda afilhada (Paula Ingrid). Amo vocês!

Ao meu namorado Elton Alves, por estar ao meu lado sempre, pelos ensinamentos, boas risadas e me fazer muito feliz. Muito obrigada meu amor!!

As minhas amadas amigas de infância por me ensinarem o significado de amizade verdadeira e eterna, em especial: Cíntia Melgaço, Josiane Melgaço, Juliana Miranda, Thaisa Bragança e Valquíria Fortunato.

A todos os meus amigos e amigas do colégio Fernando Otávio por todo aprendizado, companheirismo e animação, em especial: Amanda, Ana Paula, Emília Cristina, Cíntia Melgaço, Camila Caroline, Filipe Mendonça, Laís Garcia, Luciane Santos, Luiz Fernando, Maurício Guimarães, Valquíria Joice e Valquíria Fortunato.

Aos meus queridos amigos da graduação, especialmente Nívea Melo, Robert Ferraz e Thaís Lopes, pelo companheirismo durante os cinco anos de UFV.

As minhas lindas amigas do Alojamento Velho 922, Eliza Arruda, Suellen Santos, Suellen Lopes, Suzi Lopes e Jéssica Carmo, por todos os momentos de muita alegria, comemoração e amizade. E aos agregados Layon César e Robson Gobbi.

Aos meus queridos amigos da Capela da UFV, em especial ao Grupo de Oração Imaculado Coração de Maria. Obrigada pelo amor, pela paz no coração e por me fazerem feliz!

Ao professor Aristides Ribeiro pela orientação, pelos ensinamentos e principalmente pela confiança.

Ao professor Wagner Araújo pela disponibilidade e boa vontade em ensinar.

Ao pesquisador Dr. Rodolfo Araújo pelo apoio, confiança e amizade.

Aos meus grandes amigos de Aracruz (ES) que sem dúvida me ensinaram muito a trabalhar com eficiência e qualidade, especialmente: Almir, Carlos, José Pissinate e Júlio.

A todos meus amigos e companheiros de trabalho de Três Lagoas (MS), por me ensinarem a rir muito, trabalhar com dedicação e pela força nas horas de dificuldade, em especial: Ailton, Alceu, Bruce, Claudinei (o famoso “Piruka”), Cícero, Chiquinho, Divino, Éder, Érika, Gilson, João, Ronivon e “Totoca”.

Em especial agradeço infinitamente a Mara Sperigone por cuidar de mim com muito carinho no período em que estava impossibilitada. Muito obrigada!

Aos meus queridos amigos da Família Alves, especialmente: Ana Maria, Andreza, Bruno, Cezinha, José Cezar, Lorena e Natália.

A Daiane Celestino por esses dois anos de boa convivência.

A todos os amigos do grupo BIOMODEL e do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola pela ajuda, amizade e bons momentos juntos.

Graça Freitas a secretaria mais bacana que já conheci muito obrigada pelo cuidado e eficiência no seu trabalho.

A empresa de Fibria Celulose S.A. pelo financiamento do projeto e custeio das campanhas de campo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de pesquisa.

A Universidade Federal de Viçosa pela oportunidade de estudo desde a graduação até a finalização do mestrado.

A todos os amigos, familiares e professores que de alguma forma contribuíram para conclusão deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

Mariana Gonçalves dos Reis, filha de Evonete Maria Gonçalves dos Reis e Jésus Gonçalves dos Reis, nasceu em 20 de fevereiro de 1989, na cidade de Pará de Minas, Minas Gerais.

Em março de 2007 iniciou o curso de Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizada na cidade de Viçosa, graduou-se em janeiro de 2012.

Em março de 2012, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em nível de mestrado, submetendo-se à defesa de tese em 26 de fevereiro de 2014.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	ix
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	6
2.1. Características das áreas de estudo .....	6
2.2. Torres micrometeorológicas e parcelas .....	7
2.3. Espécies arbóreas do Cerrado .....	8
2.4. Medidas de campo .....	10
2.4.1. Variáveis meteorológicas e umidade do solo .....	10
2.4.2. Medidas das trocas gasosas .....	11
2.4.3. Medidas de fluorescência da clorofila a .....	12
2.4.4. Índice de área foliar .....	13
2.4.5. Radiação fotossinteticamente ativa .....	14
2.4.5.1. Determinação da distribuição da RFA ao longo do perfil das árvores .....	14
2.5. Estimativa da absorvância da RFA .....	14
2.5.1. Estimativa da refletância da RFA .....	15
2.5.2. Estimativa da transmitância da RFA .....	15
2.5.3. Estimativa do coeficiente de extinção para a RFA .....	15
2.6. Cálculo da densidade absoluta do vapor de água .....	16
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	17
4. CONCLUSÕES .....	37
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	38
6. ANEXO .....	44

## RESUMO

REIS, Mariana Gonçalves dos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2014. **Partição da radiação fotossinteticamente ativa e trocas gasosas em cultivos de eucalipto e Cerrado.** Orientador: Aristides Ribeiro. Coorientador: Wagner L. Araújo.

O Cerrado é o segundo maior bioma natural do Brasil, ocupando uma área territorial de aproximadamente 203 milhões de hectares. Incide sobre vários estados brasileiros, dentre eles o estado do Mato Grosso do Sul (MS). É um bioma rico e muito significativo por sua extensão, diversidade ecológica, estoques de carbono e função hidrológica. Apesar da sua importância, é o bioma brasileiro mais ameaçado de destruição. Recentemente verificou-se a expansão de novas indústrias do setor florestal no estado do MS. No Brasil a área com plantios de eucalipto é superior a 5 milhões de hectares e no MS é superior a 587 mil hectares. Os estudos das relações solo – planta – atmosfera em florestas são muito importantes. Desta forma, a quantidade da radiação solar são cruciais para o crescimento e desenvolvimento em ecossistemas florestais, sendo a principal fonte de energia para processos físicos, químicos e biológicos das plantas. A fração da radiação solar global que é utilizada para os processos de biossíntese pelo dossel vegetativo está compreendida entre os comprimentos de onda da faixa do visível (400 a 700 nm), conhecida como radiação fotossinteticamente ativa (RFA). A fração da radiação fotossinteticamente ativa absorvida ( $f_{ARFA}$ ) pelo dossel vegetativo é um importante parâmetro de entrada em vários modelos de crescimento e produtividade. No entanto, poucos são os estudos destinados a entender as interações in loco da RFA, pois as medidas diretas de RFA em campo são onerosas e demoradas. Este trabalho teve como objetivo estudar a partição da radiação fotossinteticamente ativa em diferentes ecossistemas florestais e em diferentes épocas do ano. O experimento foi conduzido na cidade de Brasilândia (MS), em sítios experimentais com plantios de eucalipto jovem (14 – 25 meses) e adulto (75 - 86 meses) e bioma natural Cerrado pertencentes à empresa Fibria Celulose. As medidas de campo compreenderam em medidas meteorológicas e ecofisiológicas. Foram calculados os coeficientes de absorção, transmissão, reflexão e extinção da radiação fotossinteticamente ativa. Os maiores valores da fração absorvida da radiação fotossinteticamente ativa pelo dossel vegetativo foram de 0,91, 0,88 e 0,85 e os menores valores foram de 0,83, 0,80 e 0,75, correspondentes ao plantio jovem de eucalipto, bioma natural do cerrado e plantio adulto de eucalipto respectivamente. O índice de área foliar foi uma medida importante

para caracterizar a absorção, transmissão, reflexão e extinção da radiação fotossinteticamente ativa nas florestas estudadas. As variáveis ambientais irradiância solar global, temperatura do ar e déficit de pressão de vapor influenciaram nas taxas fotossintéticas e transpiratórias e na condutância estomática nos dois períodos de estudo para as três florestas. As taxas fotossintéticas e transpiratórias foram sempre maiores nos plantios de eucalipto em relação ao bioma natural do Cerrado.

## ABSTRACT

REIS, Mariana Gonçalves dos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2014. **Partition of photosynthetically active radiation and gas exchange in eucalyptus crops and Savanna.** Adviser: Aristides Ribeiro. Co-adviser: Wagner L. Araújo.

The Cerrado is the second largest natural biome in Brazil, occupying a land area of approximately 203 million hectares. It focuses on several Brazilian states, including the state of Mato Grosso do Sul (MS). It is a rich and very significant for the extension of ecological diversity, carbon stocks and hydrologic function biome. Despite its importance, is the most threatened biome destruction. Recently there has been an expansion of new industries in the forest sector in the state MS. In Brazil the area with eucalyptus plantations is more than 5 million hectares and MS is more than 587 thousand hectares. Studies of relations soil - plant - atmosphere in forests are very important. Thus, the quantity of solar radiation are crucial for growth and development in forest ecosystems, being the main source of energy for physical, chemical and biological processes of plants. The fraction of solar radiation that is used for the processes of biosynthesis by the canopy is between the wavelengths of the visible range (400-700 nm), known as photosynthetically active radiation (PAR). The fraction of absorbed photosynthetically active radiation ( $f_{APAR}$ ) the canopy is an important input parameter in many models of growth and productivity. However, there are few studies aimed at understanding interactions in situ of the PAR, as direct measures of PAR in the field are costly and time consuming. This work aims to study the partitioning of photosynthetically active radiation in different forest ecosystems and at different times of the year. The experiment was conducted in the city of Brasília (MS), experimental sites with young eucalyptus plantations (14 - 25 months) and adult (75 - 86 months) and Savanna belonging to company the Fibria Celulose. Field measurements realized in meteorological and ecophysiological measurements. The coefficients of absorption, transmission, reflection and extinction of photosynthetically active radiation were calculated. The highest values of the absorbed fraction of photosynthetic active radiation at canopy were 0.91, 0.88 and 0.85 and the lowest values were 0.83, 0.80 and 0.75, corresponding to young eucalyptus plantations, Savanna and adult eucalyptus plantations respectively. The leaf area index was an important measure to characterize the absorption, transmission, reflection and extinction of photosynthetic active radiation in the studied forests. The environmental variables global solar irradiance, air temperature and vapor pressure deficit influenced photosynthetic and transpiration rates and stomatal conductance in the two study periods for the three

forests. Photosynthetic and transpiration rates were always higher in eucalyptus plantations on the Savanna.

## 1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma natural do Brasil, ocupando uma área de 203,6 milhões de hectares, equivalente a 23,92% da área total do território brasileiro (IBGE, 2004). A área de Cerrado, incluindo a região central e os encaves em outros biomas, incide sobre pelo menos doze estados brasileiros, dentre eles o estado do Mato Grosso do Sul (MS) (MARCUIZZO et al., 2012; SANTOS et al., 2012).

Esse bioma compõe formações florestais, savânicas e campestres, destacando-se por apresentar alta diversidade de espécies animais e vegetais, sendo muitas delas endêmicas e por isso considerada a savana mais diversificada do mundo (HOGAN et al., 2002; SAWYER, 2002; ANGELO et al., 2012; SANTOS et al., 2012).

Com a expansão agrícola na parte Central do Brasil, grande parte do Cerrado foi sendo substituído pelas culturas anuais, pastagens e urbanização (SILVA & BATES, 2002; SANO et al., 2008; ROCHA et al., 2011). Atualmente essas áreas com pastagens vêm sendo substituída por florestas plantadas, principalmente nas áreas com pastagens degradadas.

Estudos em áreas de vegetação do Cerrado já são de grande interesse de muitos autores, como na região central em Cerrado *Sensu stricto* relatado por Miranda et al. (1997), em áreas de Cerradão entre a savana tropical e floresta tropical na parte central do Brasil (VOURLITIS et al., 2001) e na região sudeste do Brasil em áreas de predomínio de Cerrado *Sensu stricto* reportado por da Rocha et al. (2002).

Segundo Nascimento et al. (2011) espécies arbóreas brasileiras têm despertado interesse de vários pesquisadores em demonstrar comportamentos adaptativos que potencializam sua utilização em áreas até então inóspitas para outras espécies, sendo de grande importância silvicultural.

O interesse em pesquisas com espécies arbóreas nativas objetivando a recuperação de áreas degradadas e/ou reflorestamento e arborização vem crescendo

recentemente (RAMOS et al., 2003; ARAKAKI, 2008; NASCIMENTO et al., 2011; SOUZA et al., 2011). Entretanto, segundo Nascimento et al. (2011) o custo com tais pesquisas torna-se elevado diante dos altos níveis de mortalidade das mudas em campo, e que essa falha ocorre devido à falta de conhecimento dos aspectos ecofisiológicos de cada espécie. Corroborando com Souza et al. (2011), critérios ecofisiológicos das espécies arbóreas precisam ser conhecidos para a adoção de modelos eficientes de manejo florestal, uma vez que a ecofisiologia estabelece relações entre os fatores ambientais e os processos de respostas metabólicas das espécies.

No Brasil a área com florestas plantadas com eucalipto é superior a 5,0 milhões de hectares, tendo como principal fator desse crescimento o estabelecimento de novos cultivos frente à demanda futura dos projetos industriais do segmento de papel e celulose. No âmbito social, as atividades da cadeia produtiva do setor contribuíram para a geração de 4,4 milhões de empregos e para um investimento de 149,0 milhões em programas de inclusão social, educação e meio ambiente, beneficiando 1,3 milhões de pessoas e aproximadamente mil municípios localizados nas regiões de influência das empresas, consolidando o setor brasileiro de base florestal como indutor de desenvolvimento econômico e social do país (ABRAF, 2013).

Recentemente verificou-se a expansão de novas indústrias do setor florestal no estado do MS e, desta forma, o estado vem se destacando no setor florestal com mais de 587 mil hectares ocupados com cultivos de eucalipto, sendo o segundo estado com maior índice de crescimento em áreas plantadas, com um crescimento de 22,5 % em relação ao último ano. Isso se deve a consolidação do estado como um dos principais polos da produção de celulose (ABRAF, 2013).

Considerando a importância do Cerrado e o avanço no crescimento em áreas plantadas com eucalipto no MS, torna-se necessários estudos para melhor entender o sistema de trocas de energia e massa entre a superfície e a atmosfera, e promover um

aumento sustentável da produtividade. Dentro destes estudos estão, a absorção da radiação fotossinteticamente ativa e o uso eficiente desta radiação nas trocas gasosas (fotossíntese líquida ( $A$ ), transpiração ( $E$ ) e condutância estomática ( $g_s$ ))

O uso eficiente da absorção da irradiância solar global ( $R_g$ ) para os processos fisiológicos é um fator crucial para o crescimento e desenvolvimento em ecossistemas florestais, sendo que, é a principal fonte de energia para processos físicos, químicos e biológicos das árvores (CHAVES et al., 2007; LEUCHNER et al., 2007).

A fração da  $R_g$  que é utilizada para os processos de biossíntese pelo dossel vegetativo está compreendida entre os comprimentos de onda da faixa do visível (0,4 a 0,7  $\mu\text{m}$ ), conhecida como radiação fotossinteticamente ativa (RFA). Diversos trabalhos têm relatado a importância da relação direta entre a biomassa da cultura e a RFA (WIDLOWSKI, 2010; LEUCHNER et al., 2011; WU et al., 2011; MIYASHITA et al., 2012; RAZZAGHI et al., 2012; DANDAN et al., 2013).

O conhecimento desta abordagem é de grande relevância, uma vez que a capacidade e eficiência com que a cultura utiliza a RFA interfere diretamente no seu crescimento e desenvolvimento. Permitindo-se, então, aplicar tal conhecimento a diversos tópicos de pesquisa, como análise de crescimento de plantas, previsão de crescimento e desenvolvimento e estimativa do potencial de produção, sendo um modelo consistente e simplificado (CARON et al., 2003; MÜLLER & BERGAMASCHI, 2005; LEUCHNER et al., 2007; ASSUNÇÃO E MARTINS, 2008).

A fração da RFA absorvida ( $f_{ARFA}$ ) pelo dossel vegetativo é um importante parâmetro de entrada em vários modelos de crescimento e produtividade (LANDSBERG, 1986; LANDSBERG e GOWER, 1997; LANDSBERG e WARING, 1997; COOPS et al., 1998; COOPS e WARING, 2001; PENG et al., 2002). Além disso, a determinação correta da RFA é importante em muitas aplicações, tal como na

modelagem da produtividade primária líquida e do ciclo do carbono (FINCH et al., 2004).

No entanto, poucos são os estudos destinados a entender as interações in loco da RFA (FINCH et al., 2004), uma vez que essas medições em campo são onerosas e demoradas. Muitos estudos utilizam modelos matemáticos empíricos para determinação dos diferentes componentes da radiação (CONSTABLE, 1986). Medidas diretas da RFA em campo podem ser um desafio, especialmente em dosséis de florestas heterogêneas, em que medidas instantâneas frequentemente podem sofrer interferências da estrutura do dossel, das características da vegetação, além de ventos predominantes e cobertura de nuvens (GOWER et al., 1999).

A  $f_{ARFA}$  frequentemente é medida instantaneamente em condições de céu limpo ou nebuloso e os valores podem não ser representativos para médias diárias. Em florestas, a amostragem espacial adequada é difícil de obter. Com isso, muitos trabalhos usam as medidas de índice de área foliar e estimam a fração da radiação fotossinteticamente ativa absorvida (GOWER et al., 1999).

O modelo 3-PG (Physiological Principles in Predicting Growth) é um dos modelos mais utilizados nos últimos anos para cálculos de produtividade florestal, é baseado em relações biofísicas estabelecidas e constantes, incorporando uma série de simplificações derivadas de estudos realizados em várias florestas (LANDSBERG e WARING, 1997; STAPE, 2004). O modelo calcula a fotossíntese, transpiração, produção de serapilheira e crescimento em espaço de tempo mensal. Uma de suas vantagens é a capacidade de prever um conjunto de variáveis de interesse para o planejamento e o manejo florestal.

O 3-PG estima a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa absorvida pelo dossel ( $f_{ARFA}$ ), por meio da Lei de Beer, considerando que a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) constitui 50 % da irradiância solar global ( $R_g$ ).

Entretanto, essa relação pode variar ao longo do ano, devido à mudança do ângulo de inclinação da Terra em relação ao Sol e com as condições atmosféricas predominantes.

Desta forma, considerando a importância da  $f_{ARFA}$  e a sua aplicação correta em modelos de crescimento e produtividade pelas empresas florestais, o objetivo deste trabalho foi quantificar a partição da RFA ao longo do perfil das árvores e a fração absorvida da RFA pelo dossel vegetativo. Além disso, teve como objetivo comparar as medidas de trocas gasosas e eficiência quântica do fotossistema II nos sítios experimentais com cultivos de eucalipto e Cerrado em diferentes épocas do ano.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Características das áreas de estudo

Este trabalho foi desenvolvido no município de Brasilândia no Estado do Mato Grosso do Sul (MS) em áreas florestais pertencentes à empresa Fibria Celulose S.A. O clima da região segundo a classificação de Köppen (1948) é denominado de “Aw”, caracterizado por estações úmidas e secas bem definidas, com precipitação média anual de 1.200 a 1.800 mm (MARCUIZZO et al., 2012). O município situa-se em topografia plana sobre o Planalto da Bacia do Paraná. Os sítios experimentais estão localizados entre as coordenadas geográficas 20°53'10"S e 21°03'18"S de latitude e 52°14'44"O e 52°28'31"O de longitude, com altitude média de 310 metros.

Os povoamentos clonais de eucalipto (híbrido *Eucalyptus grandis*) onde foram realizadas as medidas de campo contemplam as idades variando entre (14 a 25 meses) e (75 a 86 meses), sendo representativos de cultivos jovens e adultos, respectivamente. O espaçamento dos cultivos de eucalipto é de 3,6 x 2,5 metros, abrangendo uma área de 63,3 hectares (cultivos jovem) e 81,1 hectares (cultivos adulto).

O sítio experimental do Cerrado trata-se de uma floresta primária ocupando um maciço de cerca de 1.570 hectares. Apresenta formações e fisionomias do tipo “Cerradão”, caracterizado por florestas estacionais semidecíduais, com predomínio de árvores de aproximadamente 10 metros de altura, componente herbáceo pouco desenvolvido e presença uma camada contínua de serrapilheira (COUTINHO, 1978; BATALHA, 1997).

O tipo de solo da área experimental do cultivo de eucalipto jovem é Latossolo Vermelho distrófico (Lvd2), com textura média leve. E o solo correspondente às áreas do cultivo de eucalipto adulto e do Cerrado é Latossolo Vermelho distrófico típico (Lvd5), com textura média pesada.

## 2.2. Torres micrometeorológicas e parcelas

O projeto contemplou quatro torres micrometeorológicas (Tabela 1), sendo que, três delas foram equipadas com sensores meteorológicos, no eucalipto jovem, adulto e Cerrado. A quarta torre foi especificamente destinada para medidas ecofisiológicas dentro do cultivo de eucalipto adulto para minimizar as lesões físicas no tronco e no dossel das árvores ao se debaterem na torre metálica (Figura 1).

Nos cultivos de eucalipto jovem e adulto, as torres foram posicionadas ao redor de quatro árvores, obedecendo ao espaçamento do cultivo. No Cerrado, a torre micrometeorológica também foi posicionada ao redor de quatro espécies arbóreas nativas da região.

Para as medidas ecofisiológicas, nos cultivos de eucalipto foram alocadas sistematicamente quatro parcelas experimentais fixas com área de 900 m<sup>2</sup> cada, em um raio de 300 m ao redor de cada torre. No Cerrado também foram alocadas quatro parcelas experimentais fixas com área de aproximadamente 400 m<sup>2</sup> cada, percorridas por um transecto de 800 metros.

Tabela 1 – Especificações da altura e localização das torres micrometeorológicas nos três sítios experimentais

Torre	Sítio Experimental	Altura (m)	Localização (Latitude °S e Longitude °W)
1	Eucalipto Jovem	9 a 15*	20°53'18" e 52°14'11"
2	Eucalipto Adulto	32	21°00'14" e 52°21'53"
3	Cerrado	20	21°03'11" e 52°23'20"
4	Eucalipto Adulto	28	21°02'43" e 52°21'59"

\*Janeiro de 2013 com 9,0 m e em Setembro de 2013 aumentou para 15 m de altura.



Figura 1 - Cultivo jovem de eucalipto e torre micrometeorológica no cultivo adulto de eucalipto.

### **2.3. Espécies arbóreas do Cerrado**

A torre micrometeorológica foi alocada ao redor das quatro espécies arbóreas mais abundantes do Cerrado na região (Figura 2). A área escolhida para instalação da torre e das parcelas experimentais foi feito através de um prévio monitoramento de flora (FIBRIA, 2011). O material vegetal das quatro espécies arbóreas foi coletado e posteriormente identificado.

A identificação das espécies foi feita pelo Laboratório de Dendrologia do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa (Figura 3). As especificações foram retiradas do Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas do Brasil (LORENZI, 2002). As características das espécies arbóreas estão especificadas (Anexo). Durante o experimento foram amostradas características biométricas das quatro espécies arbóreas estudadas ao redor da torre (Tabela 2).

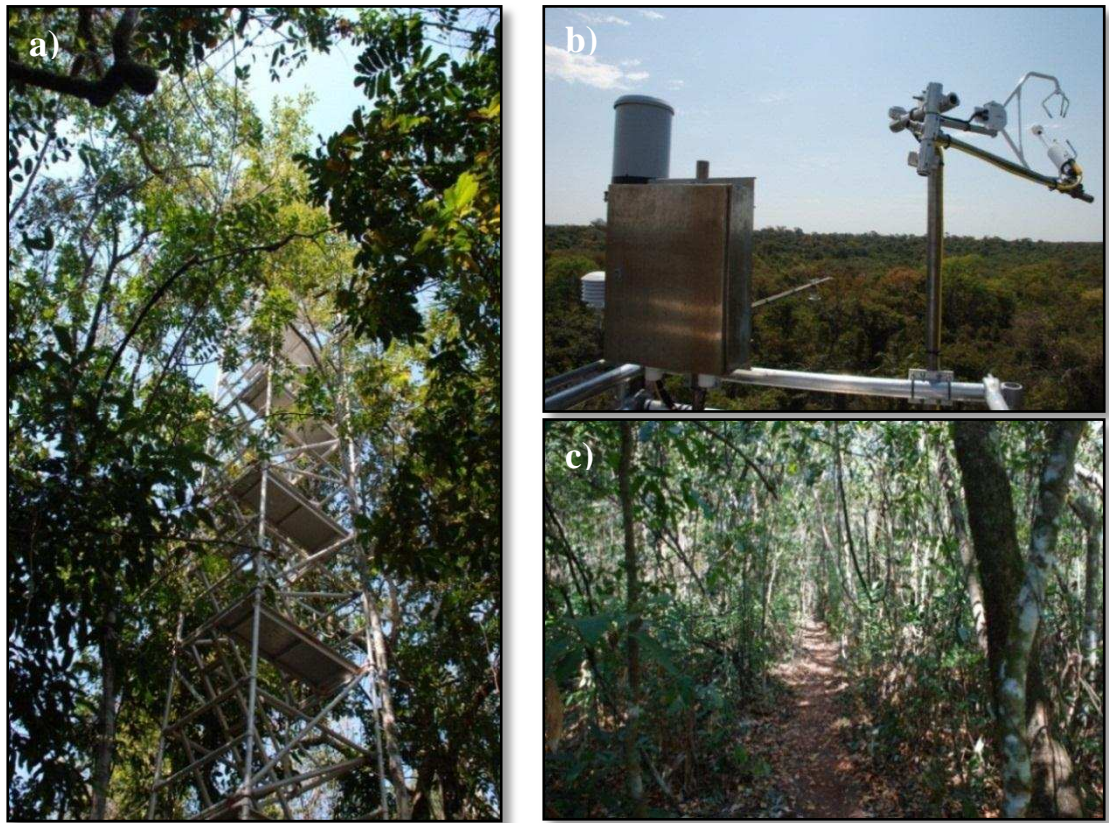


Figura 2 – Torre micrometeorológica no Cerrado (a) sensores meteorológicos (b) trilha dentro da floresta nativa de aproximadamente 800 metros (c).



Figura 3 - Espécies arbóreas nativas do Cerrado: Tapirira guianensis Aubl. (a) Cupania vernalis Camb. (b) Hymenea stigonocarpa Mart. ex Hayne (c) e Dipteryx alata Vog (d).

Tabela 2 - Caracterização biométrica das quatro espécies arbóreas predominantes na área de estudo. São especificados a data da mensuração, a altura e diâmetro a altura do peito (DAP)

Espécie	Data	Altura (m)	DAP (m)
<i>Hymenea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	Junho/2013	12,50	0,39
<i>Cupania vernalis</i> Camb.	Junho/2013	9,25	0,41
<i>Dipteryx alata</i> Vog.	Junho/2013	11,90	0,86
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Junho/2013	9,25	0,27

## 2.4. Medidas de campo

### 2.4.1. Variáveis meteorológicas e umidade do solo

Vários sensores foram posicionados no topo de cada torre micrometeorológica e ao nível do solo foram instalados sensores de umidade e fluxo de calor do solo (Tabela 3). Os dados foram coletados continuamente ao longo do ano de estudo (2013) e armazenados em datalogger (CR 1000, Campbell Scientific Instruments, Utah, USA), os sensores eram lidos em intervalos de 5 segundos e as médias ou integração de 30 minutos eram armazenadas de forma definitiva na memória do datalogger.

Tabela 3 – Especificações dos sensores utilizados para medição das variáveis meteorológicas e umidade do solo no município de Brasilândia (MS)

Sensor	Modelo	Marca
Temperatura e umidade do ar	HMP45C	Vaisala Inc., Vantaa, Helsinki, Finland
Pluviômetro	TB3(CS700-L)	Hydrological Services Pty. Ltd., Sydney, Australia
Radiação solar global incidente	CMP3	Kipp & Zonen B.V., Delft, Netherlands
Radiação solar global refletida	CMP3	Kipp & Zonen B.V., Delft, Netherlands
Radiação fotossinteticamente ativa	PQS 1	Kipp & Zonen B.V., Delft, Netherlands
Saldo de radiação	NR Lite 2	Kipp & Zonen B.V., Delft, Netherlands
Velocidade e direção do vento	WindSonic 1	Gill Instruments Ltd., Lymington, UK
Fluxo de calor do solo	HFP01	Hukseflux Thermal Sensors B.V., Delft, Netherlands
Umidade do solo	EnviroMart	Sentek Pty Ltd., Stepney, Australia

#### 2.4.2. Medidas das trocas gasosas

Foram realizadas duas campanhas ecofisiológicas para amostrar as variações sazonais dentro de cada floresta, sendo em março e junho do ano de 2013, correspondendo o período de verão e inverno respectivamente. As taxas de fotossíntese líquida (A) e transpiratória (E) e a condutância estomática ( $g_s$ ) foram obtidas utilizando-se um analisador de gás ao infravermelho (IRGA) portátil (LI 6400 XT, LICOR Inc., Lincoln, Nebraska, USA), usando a câmara foliar de 6 cm<sup>2</sup>. Em todas as análises, foi utilizada irradiância constante de densidade de fluxo de fótons igual a 1.500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  sob concentração ambiente de gás carbônico de 400 ppm nas primeiras horas do dia e de 375 ppm para as outras horas do dia, aproximadamente.

As medidas foram feitas em três dias consecutivos no terço mediano de quatro árvores ao redor da torre de cada sítio experimental (Figura 4) em folhas jovens e saudáveis plenamente expandidas (Miyashita et al., 2012). Em cada árvore foram feitas quatro medições, totalizando dezesseis medidas por hora. As campanhas iniciaram-se ciclos de medidas horárias entre 7:00 e 16:00 horas.



Figura 4 - Medidas das trocas gasosas em folhas de eucalipto com o analisador de gás ao infravermelho.

### **2.4.3. Medidas de fluorescência da clorofila a**

Os pigmentos fotossintéticos ao absorverem a energia luminosa alteram seu estado inicial basal para um estado mais excitado. Desta forma, para que haja retorno do estado basal, essa energia luminosa é dissipada por três vias competitivas: dissipação fotoquímica, dissipação por calor e por fluorescência. Alterações nas taxas fotossintéticas e na dissipação de calor implica maior ou menor emissão de fluorescência. Esses pigmentos fotossintetizantes nas plantas verdes são também denominados de clorofilas a e b, sendo que, o processo de fluorescência ocorre principalmente nas clorofilas do tipo a (TAIZ & ZEIGER, 2013).

A fluorescência inicial ( $F_0$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ) e fluorescência variável ( $F_v$ ) foram obtidas utilizando um medidor de fluorescência modulado portátil (FMS 2, Hansatech Instruments Ltd., Pentney, UK). Para a eficiência fotoquímica máxima do FSII ( $F_v/F_m$ ), após pelo menos 30 minutos de adaptação ao escuro (Figura 5), uma

irradiância de  $0,05 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  foi aplicada para determinar a fluoresc\u00eancia inicial ( $F_0$ ). Para obten\u00e7\u00e3o da fluoresc\u00eancia m\u00e1xima ( $F_m$ ) um pulso saturante de  $5.000 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  foi aplicado por 0,7 segundos. A efici\u00eancia qu\u00e2ntica m\u00e1xima do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) foi ent\u00e3o calculada como  $(F_m - F_0)/F_m$ . As an\u00e1lises foram feitas utilizando o mesmo crit\u00e9rio de medi\u00e7\u00f5es descrito anteriormente para as trocas gasosas.



Figura 5 – Adapta\u00e7\u00e3o no escuro de folhas de eucalipto com aux\u00edlio de pin\u00e7as para as medidas de fluoresc\u00eancia.

#### 2.4.4. \u00cdndice de \u00e1rea foliar

O \u00cdndice de \u00e1rea foliar (IAF) foi obtido utilizando o analisador de dossel (LAI 2000, LICOR Inc., Lincoln, Nebraska, USA). As coletas de campo foram realizadas sob radia\u00e7\u00e3o difusa, em condi\u00e7\u00f5es de nebulosidade ou no princ\u00edpio da manh\u00e3 e final da tarde, nas quatro parcelas de cada s\u00edtio experimental. Assim, o LAI 2000 foi utilizado no modo remoto de opera\u00e7\u00e3o, com dois sensores \u00f3ticos: uma unidade de controle fixa do equipamento, instalada em \u00e1reas de c\u00e9u aberto e a outra unidade m\u00f3vel em medi\u00e7\u00f5es abaixo do dossel. As medidas com o LAI 2000 foram feitas nas parcelas dentro de cada s\u00edtio experimental, foram coletados 25 pontos em cada parcela, totalizando uma m\u00e9dia dos 100 pontos para cada floresta. As campanhas foram feitas em mar\u00e7o, junho, setembro e novembro de 2013.

### 2.4.5. Radiação fotossinteticamente ativa

A radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foi obtida utilizando o sensor quântico de linha (LI 191 SA, LICOR Inc., Lincoln, Nebraska, USA), que consiste em uma barra de um metro de comprimento contendo células integradas de silício. Os dados foram registrados e armazenados em um datalogger (LI 1400, LICOR Inc., Lincoln, Nebraska, USA).

As medidas foram feitas no período de 08:00 às 15:00 horas preferencialmente quando o céu estava sem nuvens, com intervalo entre as medidas de uma hora. Para cada posição medida, foram registrados quatro valores médios em intervalos de sessenta segundos. Os dados da RFA foram instantâneos e a unidade de medida foi dada em densidade de fluxo de fótons, expressa em  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . As campanhas compreenderam aos meses de março, junho, setembro e novembro de 2013.

#### 2.4.5.1. Determinação da distribuição da RFA ao longo do perfil das árvores

Nas campanhas foram medidos os componentes da RFA ao longo do perfil das árvores, sendo: acima e no final do dossel vegetativo. O dossel vegetativo foi dividido em duas camadas: na primeira foram realizadas as medidas acima do dossel, sendo, a RFA incidente ( $RFA_i$ ) e a RFA refletida ( $RFA_r$ ) e na segunda camada foram realizadas as medidas de RFA transmitida ( $RFA_t$ ) e a RFA refletida ( $RFA_{rt}$ ) ao final do dossel.

### 2.5. Estimativa da absortância da RFA

A fração da RFA incidente ( $f_{ARFA}$ ), que é absorvida pelo dossel das florestas, foi determinada conforme (GOWER et al., 1999; SPOLAR et al., 2006):

$$f_{ARFA} = \left( \frac{RFA_i - RFA_r}{RFA_i} - \frac{RFA_t - RFA_{rt}}{RFA_t} \right) \quad (1)$$

### 2.5.1. Estimativa da refletância da RFA

A refletância da RFA ( $f_{RRFA}$ ) foi obtida pela seguinte equação (SPOLAR et al., 2006):

$$f_{RRFA} = \left( \frac{RFA_r}{RFA_i} \right) \quad (2)$$

### 2.5.2. Estimativa da transmitância da RFA

A transmitância da RFA ( $f_{TRFA}$ ) foi obtida pela seguinte equação (SPOLAR et al., 2006; CHAVES et al., 2007):

$$f_{TRFA} = \left( \frac{RFA_t}{RFA_i} \right) \quad (3)$$

### 2.5.3. Estimativa do coeficiente de extinção para a RFA

O coeficiente de extinção foi obtido pelo princípio de Beer-Bouguer-Lambert descrito a seguir (MONSI e SAEKI, 1953; LARSEN e KERSHAW, 1996; KUNZ et al., 2007):

$$k = \left( - \frac{\ln(1 - f_{ARFA})}{IAF} \right) \quad (4)$$

Em que,  $k$  é o coeficiente de extinção do dossel vegetativo e  $IAF$  é o índice de área foliar medido,  $m^2 m^{-2}$ .

## **2.6. Cálculo da densidade absoluta do vapor de água**

O cálculo para a densidade absoluta do vapor de água ( $\rho$ ) caracterizada pela massa de vapor de água contida em um volume de ar encontra-se em (VIANELLO e ALVES, 2012).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Caracterização climática das áreas de estudo

O clima da região é caracterizado por um verão chuvoso e inverno seco tipicamente nos meses de outubro a março e abril a setembro, respectivamente. A região Sudeste e Centro Oeste do país apresenta essa característica climática, sendo que nessas áreas o maior efeito de continentalidade faz com que o período entre abril e setembro seja ainda mais seco que comparado com as outras áreas de clima análogo.

As Figuras de 6 a 9 apresentam as variações dos elementos meteorológicos durante o período de estudo nas três áreas experimentais. A Figura 6a apresenta os valores de precipitação pluvial (PRP), temperatura média do ar (T) e irradiância solar global ( $R_g$ ) observados nos períodos de janeiro a dezembro de 2013 nas áreas do cultivo jovem. O total de chuva observado no período de estudo foi de 968,5 mm neste sítio experimental. A temperatura média do ar foi de 23,6 °C, variando entre 20,6 °C em agosto e de 27,4 °C em dezembro. Neste mesmo sítio experimental a média da irradiância solar global foi de 17,5 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, variando entre 9,8 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> em agosto e 21,9 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> em janeiro.

Os valores de PRP, T e  $R_g$  dos sítios experimentais do cultivo de eucalipto adulto e Cerrado foram os mesmos, uma vez que as áreas estavam localizadas a menos de dois quilômetros de distância, não havendo diferenças nos dados observados. Nestes locais o total de PRP para os meses de janeiro a novembro de 2013 foi de 1.110,8 mm (Figura 6b). A T foi de 23,4 °C, variando entre 19,7 °C em julho e 25,3 °C em dezembro. Neste mesmo sítio experimental a média da  $R_g$  foi de 18,1 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, variando entre 12,8 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> em junho e 20,4 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> em janeiro (Figura 6b).

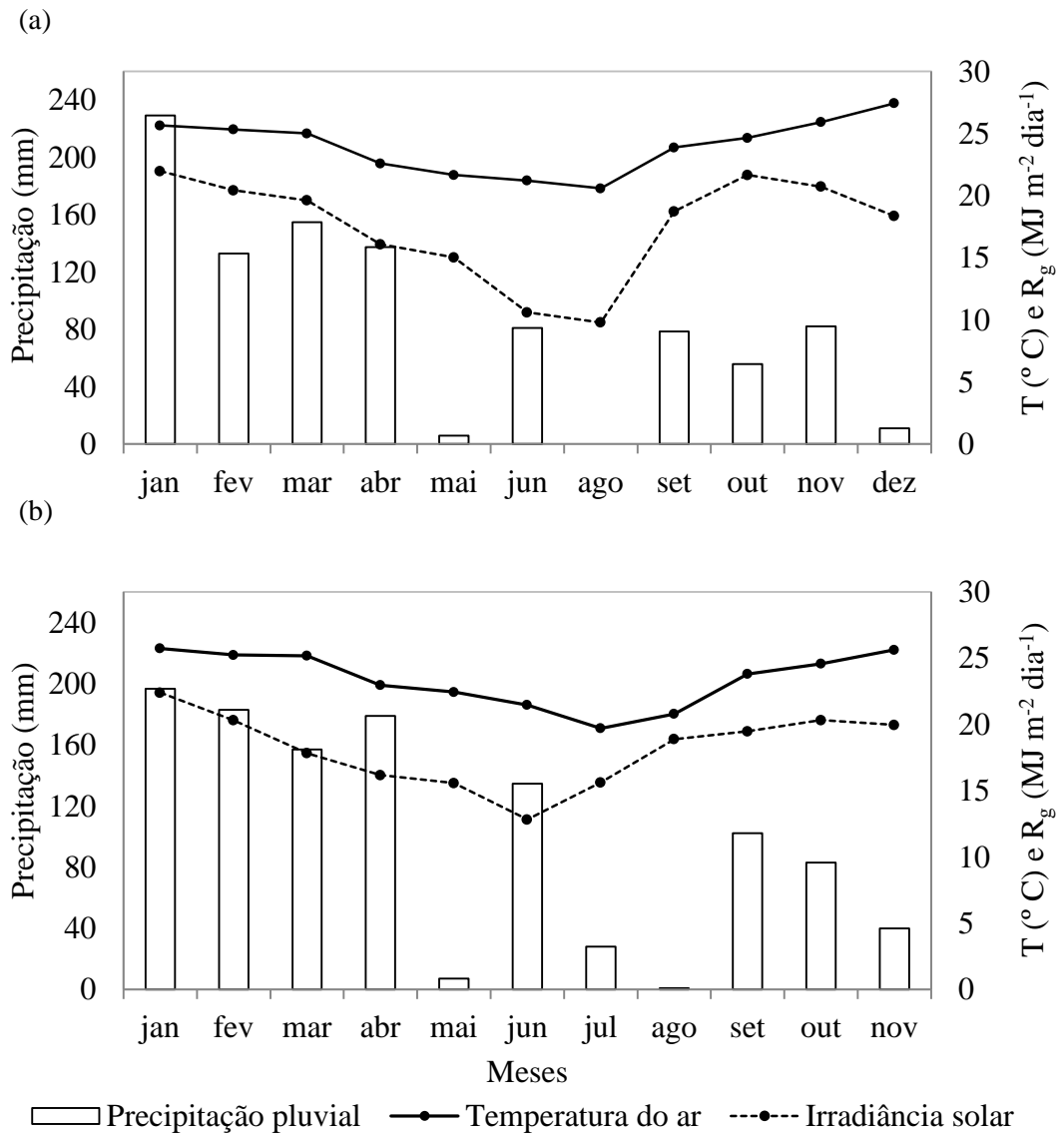


Figura 6 - Totais mensais de chuva e valores médios da temperatura do ar (T) e totais diários médios da irradiância solar global (R<sub>g</sub>), para o período de estudo (ano de 2013). Área correspondente ao cultivo jovem de eucalipto (a) e cultivo adulto de eucalipto e Cerrado (b).

A Figura 7 apresenta ao longo do período de estudo as variações médias da temperatura e densidade absoluta do vapor de água ( $\rho$ ) na interação solo – planta com a atmosfera nos três ecossistemas estudados. Verifica-se uma variação sazonal da temperatura do ar semelhante para os três sítios experimentais, com maiores valores no início do ano e menores valores no meio do ano de 2013.

Ao longo dos meses de janeiro a novembro, a  $\rho$  no Cerrado foi sempre maior do que nos cultivos de eucalipto, variando de 9,29 a 19,67 g m<sup>-3</sup>. Isso está relacionado com as características da floresta natural em possuir mecanismos de defesa que reduzem a perda de água para a atmosfera, como, presença de cera nas folhas que favorecem maior reflexão da irradiância solar, cutícula mais espessa, numerosos tricomas, parênquima incolor, estômatos em depressões, esclerênquima bem desenvolvido, presença de taninos e fenóis glicosilados (Morretes & Ferri, 1959; Morretes, 1967, 1969). O Cerrado também possui uma carga significativa de matéria orgânica e que favorece também maior conservação da umidade e por isso um resultado em maior  $\rho$  em comparação aos cultivos de eucalipto.

Os valores de  $\rho$  para o cultivo jovem de eucalipto foram sempre maiores em comparação ao cultivo adulto ao longo dos meses, os cultivos de eucalipto jovem estão em alta atividade metabólica, o que leva em altas taxas de transpiração o que favorece maior quantidade de vapor de água na atmosfera e, além disso, possuem maior quantidade de folhas no dossel vegetativo em comparação com os cultivos de eucalipto adulto. Para o cultivo jovem de eucalipto os valores de  $\rho$  variaram de 8,19 a 18,13 g m<sup>-3</sup>. Para o cultivo adulto de eucalipto os valores de  $\rho$  variaram de 7,83 a 17,15 g m<sup>-3</sup>.

A Figura 8 mostra a variação diurna da RFA ao longo do período estudado. O comportamento da RFA para o cultivo jovem de eucalipto foi de 60,3 e 62,6 mol m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> para os meses de janeiro e novembro respectivamente, e 5,9 mol m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> para o mês de junho. Para o cultivo adulto de eucalipto e Cerrado os valores foram de 54,5 e 53,8 mol m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> para os meses de fevereiro e outubro e 4,9 mol m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> para o mês de junho. Esse comportamento ao longo do ano está relacionado à latitude e consequentemente com o ângulo de elevação solar. Em ambiente de savana na África Meridional, Finch et al. (2004) encontraram valores acima de 50,0 mol m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> para o período de inverno seco e abaixo de 20,0 mol m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> para o período de verão quente.

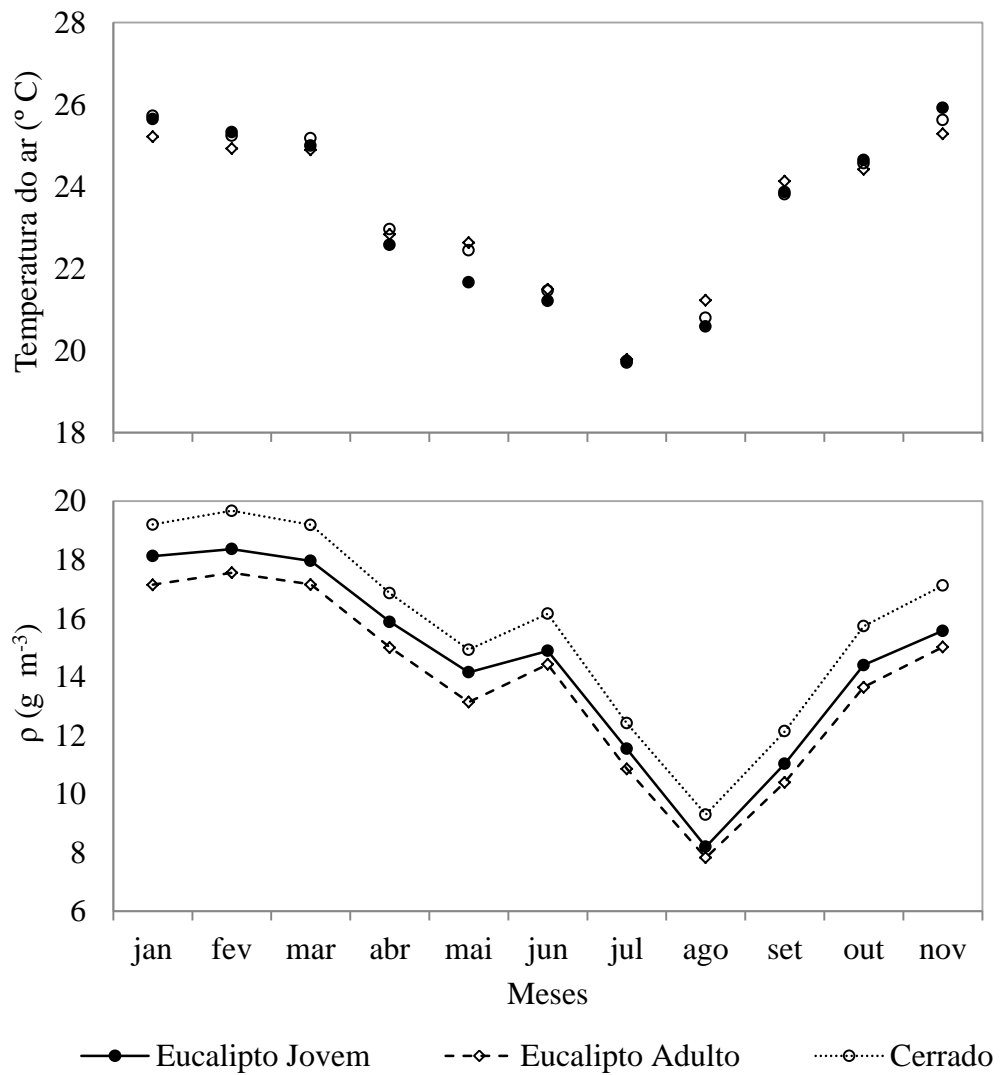


Figura 7 - Variação mensal da temperatura do ar (pontos) e da densidade absoluta do vapor de água (linha) ao longo do período de estudo.

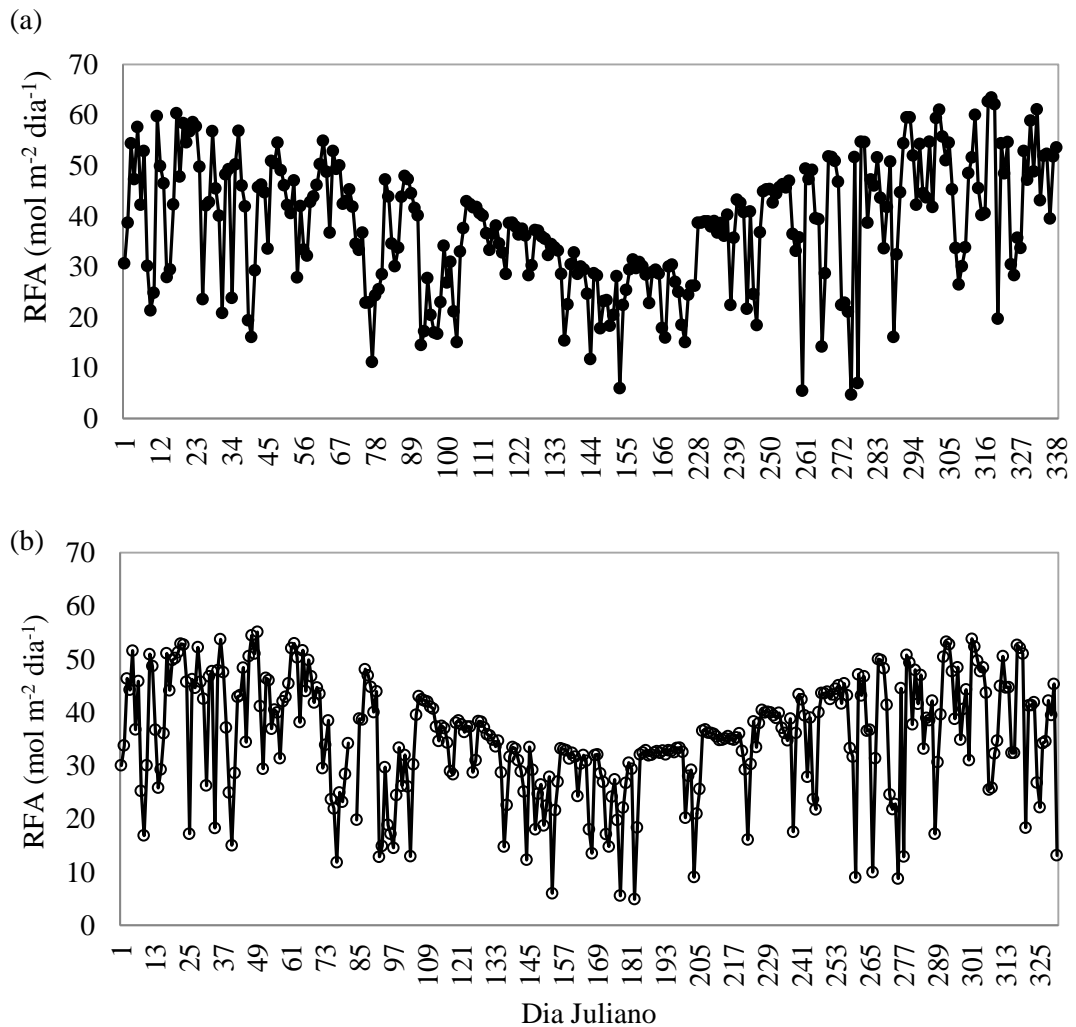


Figura 8 - Variação diária da radiação fotossinteticamente ativa ao longo do período estudado, (a) cultivo jovem de eucalipto e (b) cultivo adulto de eucalipto e Cerrado.

Muitos autores consideram em termos energéticos que a RFA é igual a 50 % da  $R_g$ , entretanto essa relação tem uma variação de acordo com a condições ambientais da área experimental. A Figura 9 apresenta a correlação linear diária entre a RFA e  $R_g$  no período de janeiro a novembro de 2013. Verifica-se uma boa correlação para as áreas estudadas, com o coeficiente de determinação de 0,98 e 0,97 para o cultivo de eucalipto jovem e cultivo de eucalipto adulto e Cerrado, respectivamente. Baldocchi et al. (1984) verificaram um coeficiente de determinação de 0,99 em florestas de carvalho e nogueira na região sudeste dos Estados Unidos. Steidle Neto et al. (2006) também encontraram valor de 0,97 para cultivos de eucalipto na bacia do Rio Doce em Minas Gerais. Finch et al. (2004) encontram uma correlação linear de 0,97 para ambiente de savana na

África Meridional. Rosati et al. (2004) também encontram um alto coeficiente de determinação de 0,98 em espécies arbóreas na Califórnia.

A razão  $RFA/R_g$  é susceptível às distintas condições atmosféricas predominantes nos períodos secos e chuvosos, sendo maior durante os meses com precipitação elevada e menor nos meses com alta estiagem. Nas duas áreas verificou-se essa tendência, sendo que a maior dispersão dos valores foram provenientes do período chuvoso, em que a razão  $RFA/R_g$  foi maior. Esse comportamento pode ser explicado em função da maior presença de vapor de água na atmosfera, sendo este o principal responsável pela absorção da radiação global na faixa espectral do infravermelho e, desta forma, pelo aumento da relação  $RFA/R_g$  (STEIDLE NETO et al., 2006). A Tabela 4 mostra os valores em porcentagem mensal da razão  $RFA/R_g$  para o cultivo jovem de eucalipto e cultivo adulto de eucalipto e Cerrado.

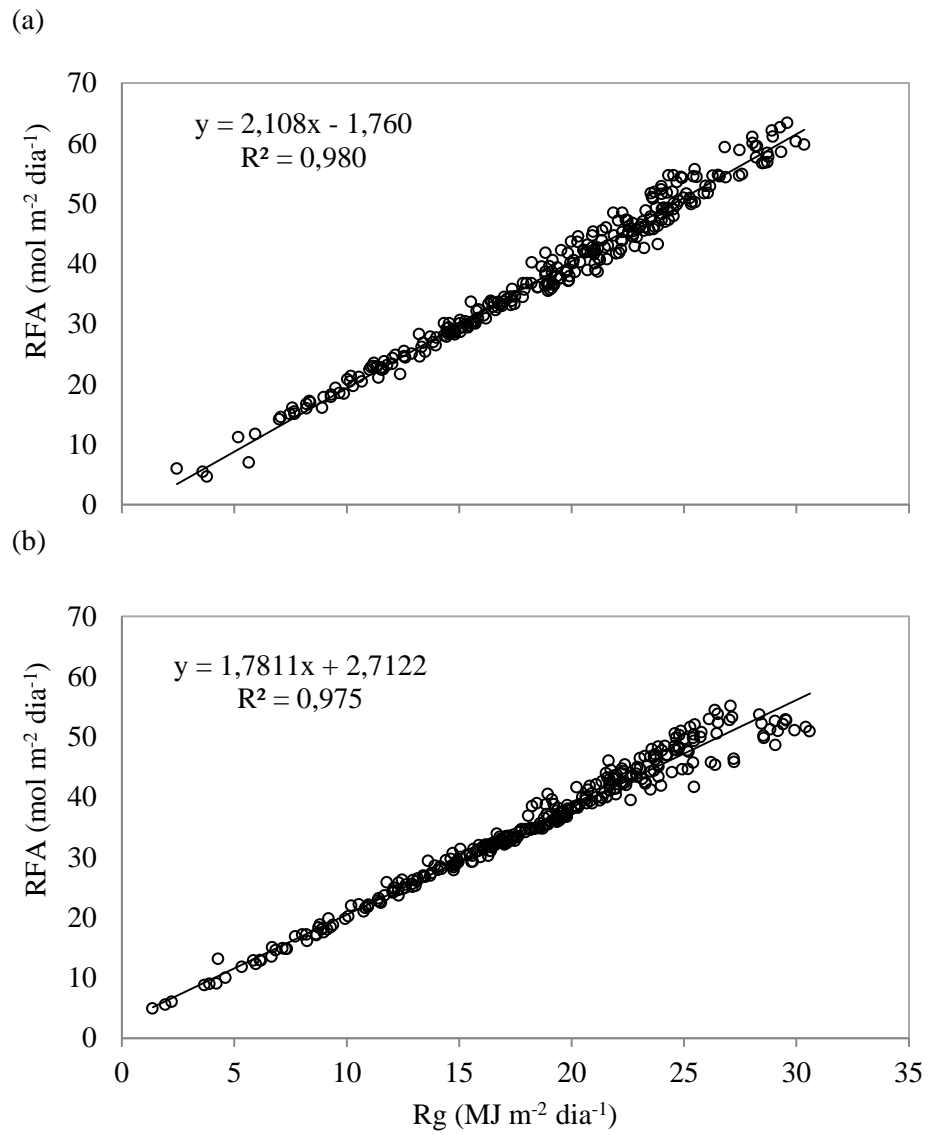


Figura 9 - Correlação diária entre a radiação fotossinteticamente ativa e a irradiância solar para o período de janeiro a novembro de 2013, (a) plantio jovem de eucalipto e (b) plantio adulto de eucalipto e Cerrado.

Tabela 4 - Valores mensais em porcentagem da razão RFA/R<sub>g</sub> para o cultivo jovem de eucalipto e cultivo adulto de eucalipto e Cerrado, ao longo do ano de 2013

Meses	Eucalipto Jovem	Eucalipto Adulto e Cerrado
	%	
Janeiro	49,52	54,30
Fevereiro	49,50	49,49
Março	49,87	49,64
Abril	50,84	50,89
Maiο	51,60	51,57
Junho	51,19	49,59
Julho	52,04	51,21
Agosto	52,90	53,30
Setembro	50,97	51,62
Outubro	49,58	50,06
Novembro	47,29	52,02

### **3.2. Absortância, transmitância, refletância e coeficiente de extinção da RFA**

A Figura 10 mostra o comportamento da absortância, transmitância e refletância da RFA referentes às quatro campanhas de março, junho, setembro e novembro para os cultivos de eucalipto e Cerrado. Foi feita uma média dos valores horários ao longo do dia.

Os maiores valores de absortância da RFA observados foram na campanha de junho para os três sítios experimentais, sendo, 91,8 %, 85,7 % e 88,6 %, correspondendo ao cultivo de eucalipto jovem, adulto e Cerrado, respectivamente. Já os menores valores de absortância da RFA foram observados na campanha de setembro, sendo, 83,99 %; 75,10 % e 80,14 %, correspondendo ao cultivo de eucalipto jovem, adulto e Cerrado, respectivamente. Essa menor absorção da RFA pelo dossel das árvores foi associado ao menor índice de área foliar nesta época, sendo que, a atenuação da RFA está associada à arquitetura do dossel vegetativo.

Observou-se que o Cerrado teve menor transmitância da RFA em todas as campanhas em comparação a floresta plantada. Isso se deve provavelmente a desuniformidade do dossel e a existência de uma vegetação sub arbustiva, diferente dos cultivos de eucalipto que tem um espaçamento entre árvores definido. Depois do Cerrado, o cultivo jovem foi o que obteve menor transmitância em comparação ao cultivo adulto. Esse fato pode ser comprovado pelo índice de área foliar, em que foi maior no cultivo jovem do que no cultivo adulto de eucalipto. O eucalipto jovem tem maior arquitetura foliar do que o eucalipto adulto. Em setembro foi observado menor índice de área foliar para os três sítios experimentais, portanto, foi verificado maiores valores de transmitância. Na época seca houve queda de folhas, principalmente no Cerrado. A variação da RFA absorvida pelo dossel vegetativo depende da variação do IAF, se houver aumento do IAF a RFA absorvida aumentará e a RFA transmitida diminuirá (HASSIKA & BERBIGIER, 1998).

O Cerrado, em todas as campanhas, teve maior refletância da RFA. As características das folhas, como presença de cera, favoreceram esse resultado. Em seguida, o cultivo jovem teve maior refletância para todas as campanhas e o cultivo adulto teve menor refletância. Esse resultado se deve provavelmente ao maior número de folhas presente no eucalipto jovem em relação ao eucalipto adulto.

Hassika & Berbigier (1998) encontraram valores médios diários de absorptância de 70,0 %, e valores de refletância de 5,0 a 8,5 % em floresta de pinheiro. Gond et al. (1999) em estudos com espécies arbóreas de floresta temperada, encontraram valores aproximados de absorptância, transmitância e refletância de 78,0 %; 10,0 % e 12,0 % no verão, de 52,0 %; 28,0 % e 20,0 % na primavera e 45,0 %; 28,0 % e 27,0 % no outono, respectivamente. Chaves et al. (2007) em áreas desmatadas de eucalipto aos 68 meses de idade encontraram valores de transmitância de 16,0 % e em áreas não desmatadas a transmitância foi de 9,6 %. Rocha & Shaver (2009) encontraram valores de refletância variando de 2,0 a 8,0 % em vegetação do tipo tundra no norte da Alaska. Widlowski (2010) encontrou valores de refletância de 5,0 a 9,9 % e valores de transmitância de 1,0 a 9,6 % em florestas de dossel aberto na região de Ticino, Itália.

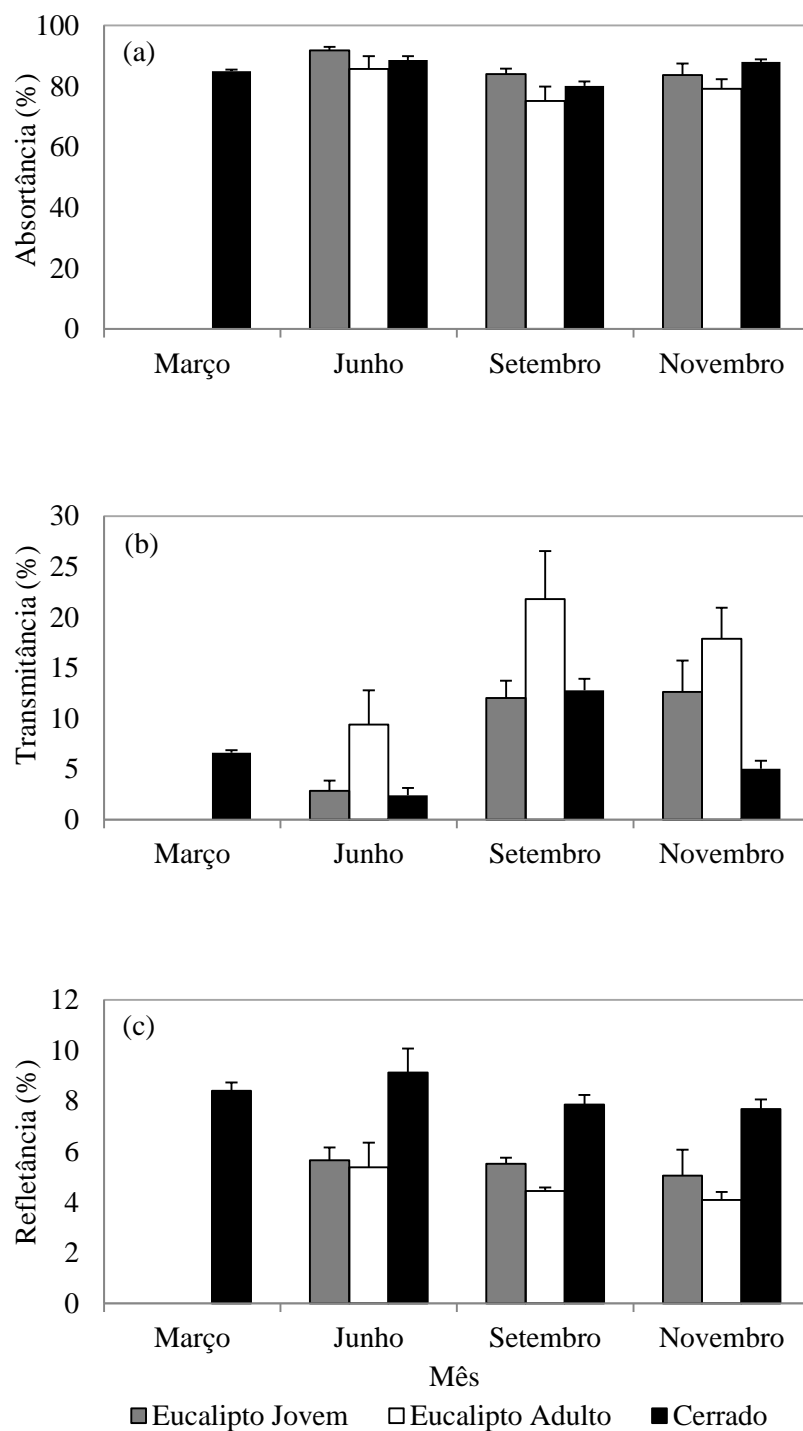


Figura 10 - Variação da absortância (a), transmitância (b) e refletância (c) da radiação fotossinteticamente ativa em cultivos de eucalipto jovem e adulto e Cerrado nos períodos de março, junho, setembro e novembro de 2013. As barras representam o erro padrão da média.

O coeficiente de extinção (k) do dossel vegetativo é um importante parâmetro para informar o comportamento da arquitetura foliar e a atenuação da radiação fotossinteticamente ativa incidente sobre o dossel. A Figura 11 mostra o comportamento do coeficiente de extinção e índice de área foliar para os três sítios experimentais nas campanhas realizadas.

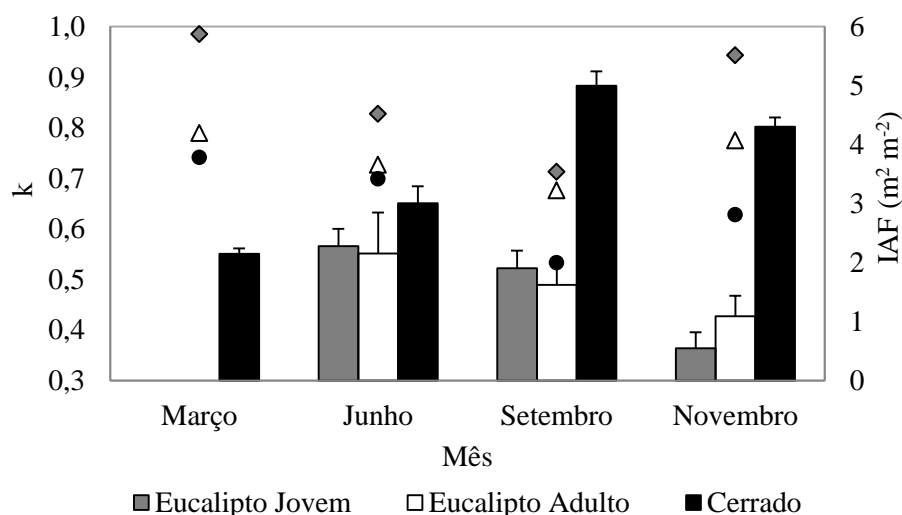


Figura 11 - Variação do coeficiente de extinção (barra) e índice de área foliar (pontos) em cultivos de eucalipto jovem e adulto e Cerrado nos períodos de março, junho, setembro e novembro de 2013. As barras representam o erro padrão da média.

O IAF é um importante componente que influencia diretamente o k, sendo que, a atenuação da radiação decresce exponencialmente de acordo com o IAF. Em março na floresta nativa o IAF foi de  $3,8 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$  com o valor de k igual a 0,55, depois em junho em que houve uma queda no IAF o valor de k subiu para 0,65. Em setembro observamos menor IAF ( $1,9 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ) o valor de k chegou a 0,88 e novamente volta a cair para 0,80 em novembro com o IAF de  $2,8 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ . Para o eucalipto jovem o k variou de 0,56; 0,52 e 0,36, correspondentes aos valores de IAF de 4,52; 3,54 e 5,52  $\text{m}^2 \text{ m}^{-2}$ , respectivamente as campanhas de junho, setembro e novembro. E para o eucalipto adulto o k variou de 0,55; 0,49 e 0,43, correspondentes aos valores de IAF de 3,66; 3,23

e  $4,07 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ , respectivamente as campanhas de junho, setembro e novembro. Reifsnyder et al. (1972) encontraram valores de  $k$  variando de 0,40 a 0,89 em florestas de madeira e pinus no leste dos Estados Unidos. Baldocchi et al. (1984) encontraram valores de  $k$  variando de 0,65 a 0,73 em florestas de carvalho e nojeira no sudeste dos Estados Unidos. Tung et al. (2007) encontram valores de  $k$  variando em 0,22 a 0,33 em florestas nativa em Taiwan.

### 3.3. Trocas gasosas

As Figuras 12 e 13 mostram a variação horária das taxas de fotossíntese líquida (A) e transpiratória (E) e da condutância estomática ( $g_s$ ), referentes aos meses de março e junho respectivamente (verão e inverno), para os três sítios experimentais estudados.

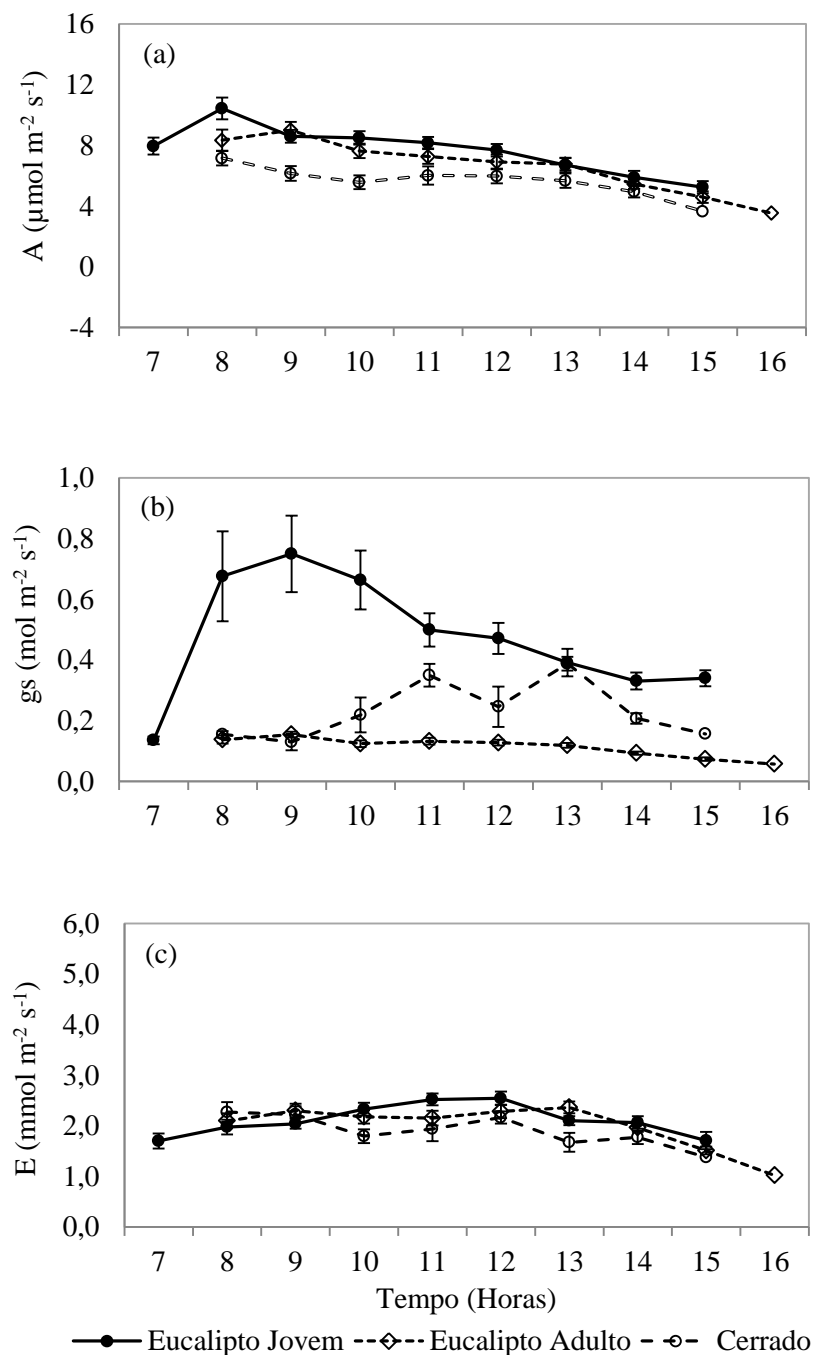


Figura 12 - Variação diurna das taxas de fotossíntese líquida (a) condutância estomática (b) e transpiratória (c) em cultivos de eucalipto jovem e adulto e do Cerrado em campanha intensiva de coleta de dados realizada no mês de Março/2013. As barras representam o erro padrão da média.

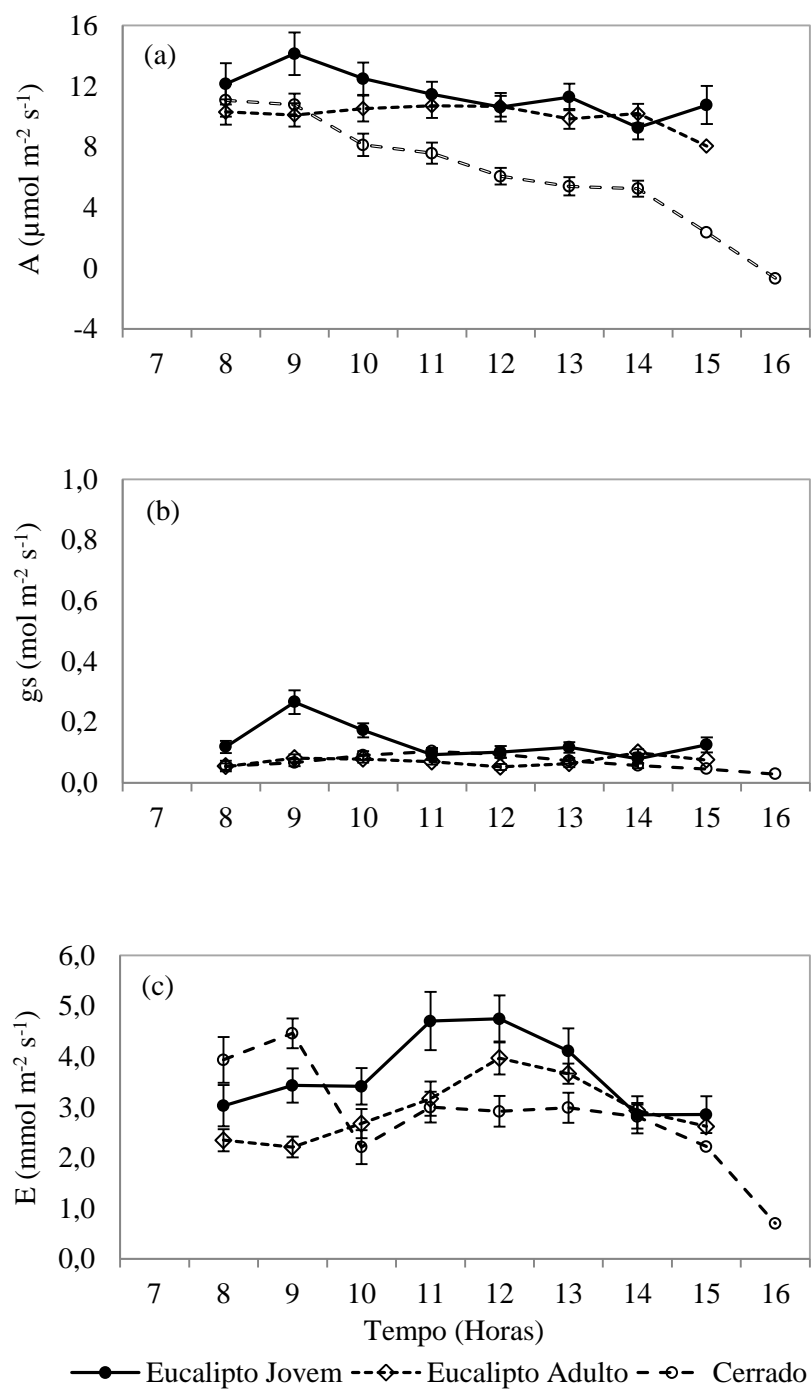


Figura 13 - Variação diurna das taxas de fotossíntese líquida (a) condutância estomática (b) e transpiratória (c) em cultivos de eucalipto jovem e adulto e do Cerrado em campanha intensiva de coleta de dados realizada no mês de Junho/2013. As barras representam o erro padrão da média.

Em março os valores de A variaram de 5,3 a 10,4  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para o cultivo jovem, de 3,5 a 9,0  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  o cultivo adulto e de 3,7 a 7,2  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para o Cerrado (Figura 12a). Os valores de E variaram de 1,7 a 2,5  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para o cultivo jovem, de 1,5 a 2,4  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para o cultivo adulto e de 1,4 a 2,3  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para o Cerrado (Figura 12b). Os valores de  $g_s$  variaram de 0,3 a 0,8  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para o cultivo jovem, de 0,07 a 0,13  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para o cultivo adulto e de 0,15 a 0,4  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para o Cerrado (Figura 12c).

Em junho os valores de A variaram de 9,3 a 14,2  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para o cultivo jovem, de 8,1 a 10,3  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para o cultivo adulto e de 2,4 a 11,1 e chegando a -0,7  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para o Cerrado (Figura 13a). Os valores de E variaram de 2,6 a 4,7  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para o cultivo jovem, de 2,3 a 3,9  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para o cultivo adulto e de 2,2 a 4,5  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para o Cerrado (Figura 13b). E os valores de  $g_s$  variaram de 0,05 a 0,3  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para o cultivo jovem, de 0,04 a 0,08  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para o cultivo adulto e de 0,04 a 0,05  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para o Cerrado (Figura 13c). Nogueira et al. (2004) encontraram valores semelhantes de A, E e  $g_s$  em espécies arbóreas tropicais em diferentes estágios de sucessão no sudeste do Brasil. Lang et al. (2013) em espécies arbóreas na China obtiveram valores de A variando de 1,5 a 15,0  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e  $g_s$  de 0,001 a 0,4 45  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , verificamos neste caso uma maior flutuação nestes valores devido as condições climáticas dessa região.

Podemos observar que os valores de A, E e  $g_s$  em média nas duas campanhas foram sempre maiores nos cultivos de eucalipto jovem, isto é devido ao rápido crescimento e altas taxas de atividades metabólicas evidenciadas nesta idade.

As taxas de A e E em média foram maiores na campanha de junho em relação à campanha de março para os três sítios experimentais estudados. Esse fato provavelmente foi devido aos maiores valores de  $\rho$  observados em junho em comparação a março, o que favoreceu a maior perda de água pelas árvores no mês de

junho sem ocasionar estresse severo nas árvores. Além disso, em junho foram observados menores valores de irradiância solar global e temperatura do ar.

Entretanto ao contrário de A e E, verificamos que a condutância estomática foi menor na campanha de junho em comparação a campanha de março para os três sítios experimentais, esta resposta está diretamente relacionada com as condições ambientais em que as árvores estavam sujeitas no período de março e junho. Sendo que, os altos valores de  $R_g$  e T (Figura 6) e a menor quantidade de vapor de água na atmosfera (Figura 7) levaram em um maior gasto de energia para proteção contra a fotoinibição e para manutenção da condutividade hidráulica ao longo do corpo vegetal, por isso, foi verificado menores valores de A e E. Em junho, as melhores condições atmosféricas favoreceram melhor desempenho fotossintético (A e E) com menores valores de  $g_s$ . E em junho, as melhores condições atmosféricas favoreceram aumento de A e E sem a necessidade do acoplamento simultâneo em  $g_s$ . Corroborando com os trabalhos (MEDLYN et al., 2001; LEWIS et al., 2002a; LEWIS et al., 2011) existe uma forte relação entre os valores diurnos de A e  $g_s$  no que relaciona com a regulação estomática e o suprimento de  $CO_2$  para o local da carboxilação. Giambelluca et al. (2009) em Cerrado Denso e Campo Cerrado na região Central do Brasil encontraram valores de condutância do dossel menores no período de junho a outubro.

De acordo com os dados mostrados acima, nos cultivos de eucalipto foi observado uma maior variação das taxas fotossintéticas para campanha de março em relação à campanha de junho. Esse comportamento pode estar relacionado com o aumento de T ao longo do dia e conseqüentemente diminuição de  $\rho$  e, portanto, levou ao fechamento estomático pelas árvores. Em junho não observamos muita variação nas taxas fotossintéticas ao longo do dia, possivelmente está relacionado com as melhores condições de baixa temperatura e alto  $\rho$  em que as árvores estavam sujeitas.

Observamos pouca variação da taxa transpiratória ao longo do dia para o mês de março. Já no mês de junho podemos observar menores valores no período da manhã, com um aumento no horário de 10:00 às 12:00 horas e depois reduziu até o final da tarde. Essa variação de E ao longo do dia pode estar associado com a disponibilidade de energia, em que no período da manhã a irradiância solar global foi menor, aumentou no período de 10:00 às 14:00 horas e depois reduz até o final da tarde. Chen et al. (2006) mostraram que a taxa transpiratória aumenta com o aumento da radiação fotossinteticamente ativa ao longo do dia, em floresta nativa na região árida no noroeste da China.

No Cerrado observamos pouca variação ao longo do dia das taxas fotossintéticas e transpiratórias na campanha de março. Já no mês de junho, observamos maiores valores de A e E no início da manhã e depois um decréscimo ao longo do dia. Pinzón-Torres & Schivinato (2008) também verificaram maiores valores de A e E nas primeiras horas do dia e depois um declínio desses valores em espécies arbóreas de leguminosas tropicais no Sudeste do Brasil. Foi observado valores negativos de A após as 16:00 horas, indicando a ocorrência de uma fotoinibição dinâmica. Esse comportamento possivelmente está relacionado com a adaptação das espécies nativas às condições ambientais que estão submetidas, sendo que, após esse horário observamos baixa irradiância solar global e um rápido escurecimento dentro da mata. Souza et al. (2011) em estudos com espécies de eucalipto e Cerrado na região Central do Brasil, mostraram uma diminuição da transpiração ao longo do dia com o decréscimo de vapor de água na atmosfera.

### 3.4. Fluorescência

A Figura 14 mostra a variação horária da razão entre a fluorescência variável e a fluorescência máxima ( $F_v/F_m$ ) entre as florestas estudadas nas campanhas de março e junho:

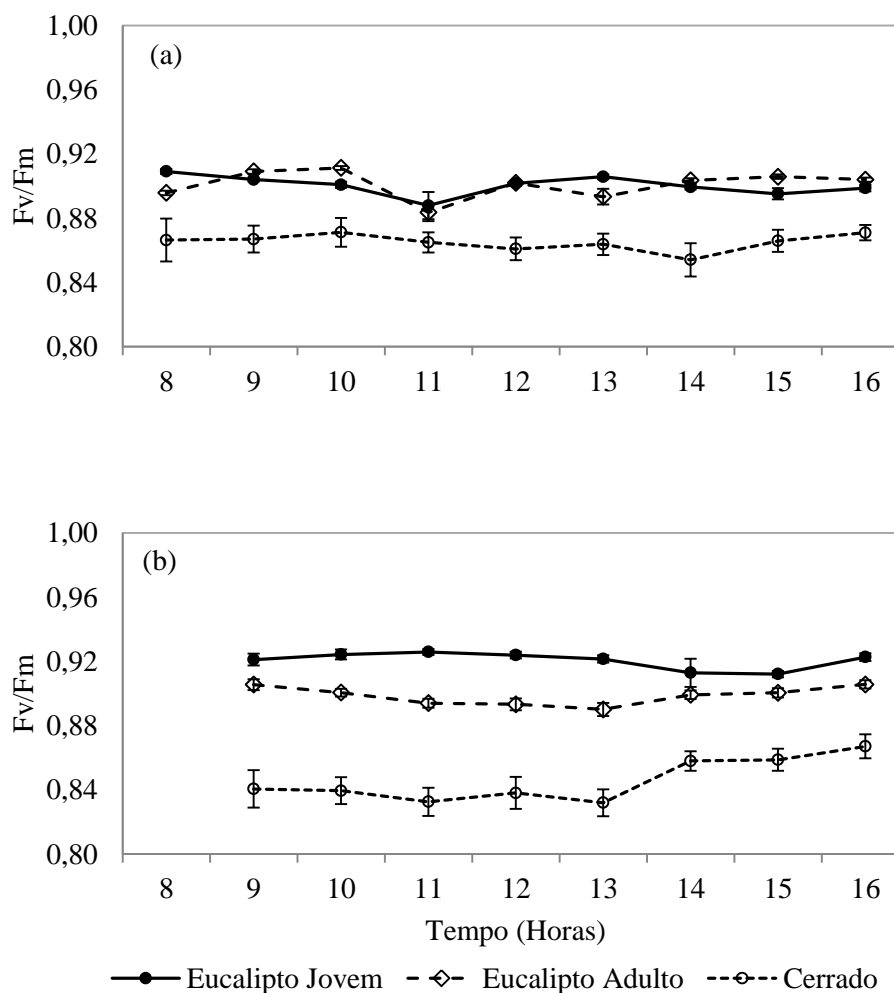


Figura 14 - Variação horária da razão entre a fluorescência variável e a fluorescência máxima ( $F_v/F_m$ ) em cultivos de eucalipto e Cerrado, nos períodos de março (a) e junho (b). As barras representam o erro padrão da média.

Os valores da razão  $F_v/F_m$  é utilizado como indicador da eficiência quântica do fotossistema II, sendo considerado para maioria das espécies valores eficientes dessa razão acima de 0,75 e para outros autores acima de 0,832 (BJÖRKMAN & DEMMIG, 1987). Desta forma, neste estudo os valores da razão  $F_v/F_m$  para os três sítios experimentais mostram que não houve fotoinibição. Os cultivos de eucalipto jovem e adulto são mais eficientes do que as espécies do Cerrado (Figura 14).

O rendimento quântico do aparato fotossintético foi maior em junho em relação a março para os cultivos de eucalipto. Concordando com os dados das taxas fotossintéticas e transpiratórias descritas anteriormente em que foram maiores para a campanha de junho, explicado pelas melhores condições ambientais de irradiância solar global, temperatura do ar e quantidade de vapor de água presente na atmosfera. Baesso (2011) também encontrou valores da razão  $F_v/F_m$  semelhantes em plantios de eucalipto no norte do Espírito Santo.

Para o Cerrado esse comportamento não foi o mesmo, sendo que, para a campanha de junho os valores da razão  $F_v/F_m$  foram menores, podendo ser explicado pelas características adaptativas dessas espécies nessas condições ambientais. Atanasova et al. (2003) encontraram valores de  $F_v/F_m$  variando de 0,79 a 0,83 em árvores de noqueira. Em espécies arbóreas da floresta natural da Amazônia, Marengo et al. (2007) observaram fotoinibição dinâmica, indicando uma diminuição temporária nos valores da eficiência intrínseca do fotossistema II.

#### 4. CONCLUSÕES

Os maiores valores da fração absorvida da radiação fotossinteticamente ativa pelo dossel vegetativo foram no período úmido, devido a maior arquitetura do dossel vegetativo, maior índice de área foliar. E os menores valores foram no período seco em que o índice de área foliar foi menor.

O índice de área foliar foi uma medida importante para caracterizar a absorptância, transmitância, refletância e a extinção da radiação fotossinteticamente ativa nos três sítios experimentais estudados.

No período chuvoso a razão  $RFA/R_g$  predominantemente foi menor que 50 % e no período seco essa razão foi maior que 50 %.

A variáveis ambientais irradiância solar global, temperatura do ar e a densidade absoluta do vapor de água influenciaram nas taxas fotossintéticas e transpiratórias e na condutância estomática nos dois períodos de estudo para as três florestas.

As taxas fotossintéticas e transpiratórias foram sempre maiores nos cultivos de eucalipto jovem e adulto em relação ao Cerrado nas duas épocas estudadas.

A eficiência quântica do fotossistema II para os cultivos de eucalipto jovem e adulto é maior do que para as espécies do Cerrado.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF, Anuário Estatístico da Abraf 2013: Ano base 2012. Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas, Brasília, 2012.148 p.

ANGELO, H.; POMPAMAYER, R. S.; VIANA, M. C.; ALMEIDA, A. N.; MOREIRA, J. M. M. A. P.; SOUZA, A. N. Valoração econômica da depredação do Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) no Cerrado brasileiro. *Revista Scientia Florestalis*, Piracicaba, v.40, n. 93, p. 035-045, 2012.

ASSUNÇÃO, I. C. A.; MARTINS, D. Eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa pela cultura do amendoim (*Arachis hypogaea* L). *Energia na Agricultura*, v.23, n.4, p. 34-43, 2008.

ATANASOVA, L., STEFANOV, D., YORDANOV, I., KORNOVA, K., KAVARDZIKOV, L. Comparative characteristics of growth and photosynthesis of sun and shade leaves from normal and pendulum walnut (*Juglans regia* L.) trees. *Photosynthetica*, 41(2), p. 289-292, 2003.

BAESSO, R. C. E. Efeito do CO<sub>2</sub> na eficiência quântica do eucalipto e sua utilização na modelagem de seu crescimento pelo 3P-G. Viçosa (MG), 118 p., Tese de Doutorado - Universidade Federal de Viçosa, 2011.

BALDOCCHI, D.D., MATT, D.R., HUTCHISON, B.A., MCMILLEN, R.T., 1984a. Solar radiation within an oak-hickory forest: an evaluation of the extinction coefficients for several radiation components during fully-leaved and leafless periods. *Agric. For. Meteorol.*, 32: 307-322.

BATALHA, M.A. Análise da vegetação da ARIE Cerrado Pé de Gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP). Dissertação de Mestrado em Ecologia. Universidade de São Paulo, 1997.

BJÖRKAMN, O.; DEMMIG, B. Photo yield of O<sub>2</sub> evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. *Planta*, v. 170, n. 1, p. 61 – 66, 1987.

CARON, B. O.; MEDEIROS, S. L. P., MAFRON, P. A., SCHMITS, D., BIANCHI, C.; POMMER, S. F. Eficiência de conversão da radiação solar fotossinteticamente ativa interceptada em fitomassa de alface. fotossinteticamente ativa e distribuição de fitomassa produzida no meloeiro cultivado em estufa plástica na primavera. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.11, n.2, p.261-268, 2003.

CHAVES, R. A.; REIS, M.G.F.; REIS, G. G.; PEZZOPANE, J. E. M.; XAVIER, A.; MONTE, A. A. Dinâmica de cobertura de dossel de povoamentos de clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex-Maiden submetidos a desrama artificial e desbaste. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.31, n.6, p.989-998, 2007.

CHEN, Y. P., CHEN, Y. N., LI, W. H., XU, C. C. Characterization of photosynthesis of *Populus euphratica* grown in the arid region. *Photosynthetica*, 44(4), 622-626, 2006.

CONSTABLE, G.A. Growth and light receipt by mainstem cotton leaves in relation to plant density in the field. *Agricultural and Forest Meteorology*, 37, 279-292, 1986.

COOPS N. C.; WARING, R. H. The use of multiscale remote sensing imagery to derive regional estimates of forest growth capacity using 3-PGS. *Remote Sensing of Environment* 75, 324-334, 2001.

COOPS, N. C.; WARING, R. H.; LANDSBERG, J. J. Assessing forest productivity in Australia and New Zealand using a physiologically-based model driven with averaged monthly weather data and satellite-derived estimates of canopy photosynthetic capacity. *Forest Ecology and Management*, 104, 113-127, 1998.

COUTINHO, L. M. O conceito do Cerrado. *Revista Brasileira de Botânica*, 1, 17 – 23, 1978.

da ROCHA, H.R., FREITAS, H.C., ROSOLEM, R., JUAREZ, R., TANNUS, R.N., LIGO, M.A., CABRAL, O.M.R., SILVA DIAS, M.A.F. Measurements of CO<sub>2</sub> exchange over a woodland savanna (Cerrado *Sensu strictu*) in southeast Brazil. *Biota Neotropica* v (2), n.1, 2002.

DANDAN, Z.; JIAYIN, S.; KUN, L.; QUANRU, L.; QUANQI, L. Effects of irrigation and wide-precision planting on water use, radiation interception, and grain yield of winter wheat in the North China Plain. *Revista Agricultural Water Management* 118, 87-92, 2013.

FIBRIA. Monitoramento de Flora e Fauna. Relatório Interno, 88 p., 2011.

FINCH, D. A.; BAILEY, W. G.; McARTHUR, L. J. B.; NASITWITWI, M. Photosynthetically active radiation regimes in a southern African savanna environment. *Revista Agricultural and Forest Meteorology*, 122, p. 229-238, 2004.

GIAMBELLUCA, T.W.; SCHOLZ, F.G.; BUCCI, S.J.; MEINZER, F.C.; GOLDSTEIN, G.; HOFFMANN, W.A.; FRANCO, A.C.; BUCHERT, M.P. Evapotranspiration and energy balance of Brazilian savannas with contrasting tree density. *Agricultural and Forest Meteorology* 149: 1365-1376, 2009.

GOND, V., De PURY, D. G. G., VEROUSTRAETE, F., CEULEMANS, R. Seasonal variations in leaf area index, leaf chlorophyll, and water content; scaling-up to estimate fAPAR and carbon balance in a multilayer, multispecies temperate forest. *Tree Physiology*, 19, 673 – 679, 1999.

GOWER, S. T., KUCHARIK, C. J., NORMAN, J. M. Direct and indirect estimation of leaf area index, fapar, and net primary production of terrestrial ecosystems. *Remote Sensing of the Enviroment*, v. 70, p.29–51. 1999.

HASSIKA, P., BERBIGIER, P. Annual cycle of photosynthetically active radiation in maritime pine forest. *Agricultural and forest meteorology*, 90(3), 157-171, 1998.

HOGAN, D. J.; BAENINGER, R.; CUNHA, J. M. P; CARMO, R. L. Migração e ambiente no Centro- Oeste. Campinas, Nepo/Unicamp: PRONEX, p. 324. 2002.

IBGE, 2004. **Mapa de Biomas do Brasil. Escala 1:5.000.000.** Disponível em: <<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=169>>. Acesso em: 29 de maio, 2013.

KÖPPEN, W. Climatología. Buenos Aires, Fondo de Cultura. p. 152-192, 1948.

KUNZ, J. H.; BERGONCI, J. H.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A; HECKLER, B. M. M.; COMIRAN, F. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.42, n.11, p. 1511-1520, 2007.

LANDSBERG, J.J., 1986. Physiological Ecology of Forest Production. Academic Press, Sydney, 198 pp.

LANDSBERG, J.J., GOWER, S.T., 1997. Application of Physiological Ecology to Forest Management. Academic Press, San Diego, CA, 354 pp.

LANDSBERG, J.J., WARING, R.H., 1997. A generalised model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance, and partitioning. Forest Ecology and Management 95, 209–228.

LANG, Y., WANG, M., ZHANG, G. C., ZHAO, Q. K. Experimental and simulated light responses of photosynthesis in leaves of three tree species under different soil water conditions. Photosynthetica, 51(3), 370-378, 2013.

LARSEN, D. R.; KERSHAW, J. A. Influence of canopy structure assumptions on predictions from Beer's law. A comparison of deterministic and stochastic simulations. Revista Agricultural and Forest Meteorology 81, 61-77, 1996.

LEUCHNER, M.; HERTEL, C.; MENZEL, A. Spatial variability of photosynthetically active radiation in European beech and Norway spruce. Revista Agricultural and Forest Meteorology, 151, 1226 – 1232, 2011.

LEUCHNER, M.; MENZEL, A.; WERNER, H. Quantifying the relationship between light quality and light availability at different phenological stages within a mature mixed forest. Agricultural and Forest Meteorology, 142, 35-44, 2007.

LEWIS, J.D., M. LUCASH, D.M. OLSZYK and D.T. TINGEY. Stomatal responses of Douglas-fir seedlings to elevated carbon dioxide and temperature during the third and fourth years of exposure. Plant Cell Env. 25:1411–1421, 2002a.

LEWIS, J.D., PHILLIPS N.G., LOGAN B.A., HRICKO, C., TISSUE, D.T. Leaf photosynthesis, respiration and stomatal conductance in six Eucalyptus species native to mesic and xeric environments growing in a common garden. Tree Physiol 31:997–1006, 2011.

LORENZI, H. Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil, vol. 1/ Harri Lorenzi. - - 4 ed. - - Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002.

MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R.; COSTA, H. C. Sazonalidade e distribuição espaço-temporal das chuvas no bioma do cerrado do estado do Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 17, n.1, p.77-86, 2012.

MARENCO, R. A., NEVES, T. S., CAMARGO, M. A. B., DIAS, D. P., COSTA, G. F., RODRIGUES, J. C. Fotoinibição dinâmica da fotossíntese em árvores de dossel da Amazônia Central. *Revista Brasileira de Biociências*, 5(S2), pg-150, 2007.

MEDLYN, B.E., C.V.M. BARTON, M.S.J. BROADMEADOW. Stomatal conductance of forest species after long-term exposure to elevated CO<sub>2</sub> concentration: a synthesis. *New Phytol.* 149:247–264, 2001.

MIRANDA, A.C., MIRANDA, H.S., LLOYD, J., GRACE, J., FRANCEY, J.A., MCINTYRE, J.R., MEIR, P., RIGGAN, P., LOCKWOOD, R., BRASS, J. Fluxes of carbon, water and energy over Brazilian cerrado: an analysis using eddy covariance and stable isotopes. *Plant, Cell and Environment*, 20: 315-328, 1997.

MIYASHITA, A.; SUGIURA, D.; SAWAKAMI, K.; ICHIHASHI, R.; TANI, T.; TATENO, M. Long-term, short-interval measurements of the frequency distributions of the photosynthetically active photon flux density and net assimilation rate of leaves in a cool-temperate forest. *Revista Agricultural and Forest Meteorology* 152, 1-10, 2012.

MONSI, M.; SEAKI, T. The light factor in plant communities and its significance for dry matter production. *Japanese Journal of Botany*, v.14, p.22-52, 1953.

MORRETES, B.L. & FERRI, M.G. 1959. Contribuição ao estudo da anatomia de folhas de plantas do cerrado. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP* 16:7-70.

MORRETES, B.L. 1967. Contribuição ao estudo da anatomia das folhas de plantas do cerrado II. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP* 22:207-244.

MORRETES, B.L. 1969. Contribuição ao estudo da anatomia das folhas de plantas do cerrado III. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP* 24:7-32.

MÜLLER. A. G; BERGAMASCHI, H. Eficiências de interceptação, absorção e uso da radiação fotossinteticamente ativa pelo milho (*Zeamays L.*), em diferentes disponibilidades hídricas e verificação do modelo energético de estimativa da massa seca acumulada. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.13, n.1, p.27-33, 2005.

NASCIMENTO, H.H.C.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; SILVA, E.C.; SILVA, M.A. Análise do crescimento de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril L.*) Em diferentes níveis de água no solo. *Revista Árvore*, v.35, n.3, Edição Especial, p.617-626, 2011.

NOGUEIRA, A., MARTINEZ, C. A., FERREIRA, L. L., PRADO, C. H. B. A. Photosynthesis and water use efficiency in twenty tropical tree species of differing succession status in a Brazilian reforestation. *Photosynthetica*, 42(3), 351-356, 2004.

PENG, C.; LIU, J.; DANG, Q.; APPS, M. J.; JIANG, H. TRIPLEX: a generic hybrid model for predicting forest growth and carbon and nitrogen dynamics. *Ecological Modelling* 153, 109-130, 2002.

PINZÓN-TORRES, J. A. & SCHIAVINATO, M. A. Crescimento, eficiência fotossintética e eficiência do uso da água em quatro espécies de leguminosas arbóreas tropicais. *Hoehnea* 35(3): 395-404, 3 fig., 2008.

RAMOS, K. M. O.; FELFILI, J. M.; SOUSA-SILVA, J. C.; FAGG, C. W.; FRANCO, A. C. Desenvolvimento Inicial de plântulas de *Hymenaea Stigonocarpa* Mart. Ex. Hayne, sob Diferentes Condições de Sombreamento. *Brasil Florestal*, Brasília, v.22, n.22, p.37-42, 2003.

RAZZAGHI, F.; PLAUBORG, F.; JACOBSEN, S-E., JENSEN, C. R.; ANDERSEN, M. N. Effect of nitrogen and water availability of three soil types on yield, radiation use efficiency and evapotranspiration in field-grown quinoa. *Agricultural Water Management* 109, 20-29, 2012.

REIFSNYDER, W. E., FURNIVAL, G. M., HOROWITZ, J. L. Spatial and temporal distribution of solar radiation beneath forest canopies. *Agricultural Meteorology*, 9, 21-37, 1972.

ROCHA, A. V., SHAVER, G. R. Advantages of a two band EVI calculated from solar and photosynthetically active radiation fluxes. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149(9), 1560-1563, 2009.

ROCHA, G. F.; FERREIRA, L. G.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, M. E. Detecção de desmatamentos no bioma cerrado entre 2002 e 2009: padrões, tendências e impactos. *Revista Brasileira de Cartografia* n.63/03, 2011.

ROSATI, A; METCALF, S. G.; LAMPINEN, B. D. A simple method to estimate photosynthetic radiation use efficiency of canopies. *Annals of Botany* 93, 567 – 574, 2004.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO J. L.; FERREIRA, L. G. Mapeamento semidetalhado (escala de 1:250.000) da cobertura vegetal antrópica do bioma Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, n. 1, p. 153-156, 2008.

SANTOS, M. A.; BARBIERI, A. F.; GUEDES, G. R.; MACHADO, C. J; CARVALHO, J. A. M. Dinâmica Demográfica e uso da Terra no Cerrado Brasileiro: reflexões a partir da experiência do Padap. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Piracicaba-SP, v. 50, n. 2, p. 319-332, 2012.

SAWYER, D. “População, meio ambiente e desenvolvimento sustentável no cerrado”. In: HOGAN, D. J., et al. (org.). *Migração e ambiente no Centro-Oeste*. Campinas, NEPO/UNICAMP: PRONEX, p. 279-299. 2002.

SOUZA, C. D.; FERNANDES, D. P.; BARROSO, M. R.; PORTES, T. A. Transpiração de espécies típicas do Cerrado medida por transpirômetro de equilíbrio e porômetro. *Revista Cerne*, Lavras, v. 17, n. 4, p. 509-515, out./dez., 2011.

SPOLAR, J.; SANCHES, L.; COSTA, H. M. Radiação fotossinteticamente ativa e uma floresta de transição cerrado-amazônica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.21, n.3b, 301-307, 2006.

STAPE, J. L.; RYAN, M. G.; BINKLEY, D. Testing the utility of the 3-PG model for growth of *Eucalyptus grandis* X *urophylla* with natural and manipulated supplies of water and nutrients. *Forest Ecology and Management*, v. 193 p. 219 – 234, 2004.

STEIDLE NETO, A. J.; RIBEIRO, A.; ZOLNIER, S.; LEITE, F. P. Variabilidade sazonal da relação entre a radiação fotossinteticamente ativa e a radiação global na bacia do rio Doce, Estado de Minas Gerais. *Acta Sci. Agron. Maringa*, v. 28, n. 3, p. 427-431, 2006.

TADELE, D., FETENE, M. Growth and ecophysiology of seedlings of *Podocarpus falcatus* in plantations of exotic species and in a natural montane forest in Ethiopia. *Journal of Forestry Research*, 24(1), 29-35, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, p. 954, 2013.

TUNG, C. P., YANG, Y. C. E., LEE, T. Y., LI, M. H. Modification of a stream temperature model with Beer's law and application to GaoShan Creek in Taiwan. *Ecological modelling*, 200(1), 217-224, 2007.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. *Meteorologia básica e aplicações*. 2 edição, revisada e ampliada – Viçosa, MG: ED. UFV, 2012.

VOURLITIS, G., PRIANTE FILHO, N., HAYASHI, M.M.S., NOGUEIRA, J.S., CASEIRO, F.T., CAMPELO Jr, J.H. Seasonal variations in the net ecosystem CO<sub>2</sub> exchange of a mature amazonian transitional tropical forest (Cerradão). *Functional ecology*, 15 338-395, 2001.

WIDLÓWSKI, J. L. On the bias of instantaneous FAPAR estimates in open-canopy forests. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150, 1501–1522, 2010.

WU, C.; CHEN, J. M.; HUANG, N. Predicting gross primary production from the enhanced vegetation index and photosynthetically active radiation: Evaluation and Calibration. *Revista Remote Sensing of Environment* 115, 3424 – 3435, 2011.

## 6. ANEXO

CARACTERÍSTICAS		ESPÉCIES		
<b>Nome científico</b>	Hymenea stigonocapar Mart. ex Hayne	Cupania vernalis Camb.	Dipetryx alata Vog.	Tapirira guianensis Aubl.
<b>Nome popular</b>	jatobá-do-cerrado (MS), jatobá, jatobá-do-campo, jatobá-da-serra, jatobá-capão, jatobá-de-casca-fina, jataí	camboatá-vermelho, camboatã, camboatá	camuru (MS), baru, baruzeiro, castanha de burro, coco barata, coco feijão	Pau-pombo, pombeiro, aroeirana, bom-nome, camboatá, tatapiririca, fruto-de-pombo, aroeirana, tapirirá
<b>Família</b>	Fabaceae	Sapindaceae	Fabaceae	Anacardiaceae
<b>Divisão</b>	Leguminosae caesaipinioideae	-	Leguminosae papilionoideae	-
<b>Origem</b>	Brasil	Brasil	Brasil	Brasil
<b>Ciclo de vida</b>	Perene	Perene	Perene	Perene
<b>Fenologia</b>	A floração ocorre de dezembro a fevereiro e a maturação dos frutos de agosto a setembro	A floração ocorre de março a maio e a frutificação dos frutos de setembro a novembro	A floração ocorre de outubro a janeiro e a maturação dos frutos de setembro a outubro	Floresce duas vezes por ano: de agosto a dezembro. Neste caso encontram-se frutos maduros de janeiro a março