

TRANSMISSÃO DE LUZ EM SISTEMAS SILVIPASTORIS COM EUCALIPTO¹

Carlos Mauricio Soares de Andrade², Rasmô Garcia³, Laércio Couto⁴ e Odilon Gomes Pereira³

RESUMO - Conduziu-se um estudo para determinar os níveis de transmissão de luz em dois sistemas silvipastoris com eucalipto, de diferentes idades (2,5 e 5,5 anos), plantados no espaçamento de 10 x 4 m com as fileiras no sentido leste-oeste, objetivando conhecer melhor a evolução do sistema em termos de disponibilidade de luz para o sub-bosque. As avaliações foram realizadas em maio de 1999, em dias com céu claro, entre 11 e 13 horas. As determinações da densidade do fluxo de fótons (DFF) foram realizadas ao longo de dez transeções, transversais às fileiras de eucalipto. Determinou-se também a DFF a pleno sol. A variação espacial da transmissão de luz ao sub-bosque diferiu entre os sistemas, porém os valores médios de transmissão de luz foram idênticos (32% de pleno sol). Esse valor subestima a transmissão de luz aos sub-bosques dos sistemas silvipastoris estudados durante o verão, quando a altitude solar no local é maior. Nesta época, é provável que os valores estivessem superiores a 50%, nos dois sistemas.

Palavras-chave: Microclima, sistemas agroflorestais e sombra.

LIGHT TRANSMISSION IN SILVOPASTORAL SYSTEMS WITH EUCALYPT

ABSTRACT - This study was conducted to determine the levels of relative light transmission in two silvopastoral systems with eucalypt aged 2.5 and 5.5 year, planted east-west with a 10 x 4 m spacing, to study the evolution of light availability to the understorey. The measurements were taken in May 1999, on clear days, near noon. The determination of the photosynthetic photon flux density (PPFD) was taken along ten transects, transverse to the tree rows. The PPFD was also determined at full sun. The spatial variation in the relative light transmission differed among systems. However, the mean values of the relative light transmission were identical (32% of full sun). This value underestimates the relative light transmission in these silvopastoral systems during the summer, when the solar altitude in the place is higher. In this season, the values of relative light transmission may have been higher than 50%, for both systems.

Key words: Agroforestry systems, microclimate, shade.

1. INTRODUÇÃO

Em sistemas agroflorestais, normalmente ocorrem interações tanto ecológicas como econômicas entre as árvores e os outros componentes do sistema. As interações ecológicas ocorrem na atmosfera, como efeitos microclimáticos; no solo, como interações radiculares relativas à água e aos nutrientes; e por meio da transferência de

biomassa, resultante da deposição de liteira e de materiais provenientes de podas ou desramas das árvores (Young, 1997). Essas interações são muito importantes e, quase sempre, determinantes da produtividade dos componentes do sistema, principalmente dos não-arbóreos.

A maior parte das evidências a respeito das vantagens e desvantagens dos sistemas agroflorestais é qualitativa ou indireta, isto é, extrapolada a partir de informações

¹ Recebido para publicação em 5.2.2001.

Aceito para publicação em 31.10.2001.

Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor, parcialmente financiada pela CAPES.

² Eng^o-Agr^o, M.S., Pesquisador da Embrapa Acre, Caixa Postal 321, 69908-970 Rio Branco-Acre, <mauricio@cpafac.embrapa.br>.

³ Prof. do Dep. de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa-UFV, 36571-000 Viçosa-MG; ⁴ Prof. do Dep. de Engenharia Florestal da UFV.

existentes em áreas como a silvicultura e a agronomia, criando, freqüentemente, expectativas irreais dos benefícios das tecnologias agroflorestais (ONG, 1996). Para que a utilização dos sistemas agroflorestais seja fundamentada em uma base mais sólida de conhecimentos, são necessárias análises quantitativas das várias interações que ocorrem entre as árvores e os outros componentes do sistema.

A quantidade de luz disponível para o crescimento das forrageiras que compõem o sub-bosque de um sistema silvipastoril verdadeiro determina o potencial de produção de forragem do sistema, sendo um fator-chave para sua sustentabilidade. Este fator está submetido, basicamente, a quatro tipos de controle: a) espaçamento, por meio da escolha da densidade arbórea e do direcionamento das linhas de plantio do componente arbóreo; b) seleção de espécies arbóreas em função das características de sua copa; c) manejo, por meio da realização de operações de desbaste e desrama; e d) seleção de espécies forrageiras tolerantes ao sombreamento.

O conhecimento do nível de transmissão de luz ao sub-bosque de um sistema silvipastoril é de grande importância para que se possam entender as relações entre os componentes do sistema e intervir, por meio do manejo destes componentes, de modo a maximizar a produtividade do sistema como um todo. Diante da escassez de informações a respeito da transmissão de luz em sistemas silvipastoris com eucaliptos, conduziu-se o presente estudo para determinar os níveis de transmissão de luz aos sub-bosques de dois sistemas silvipastoris com eucalipto, de diferentes idades.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na fazenda Riacho, pertencente à Companhia Mineira de Metais (CMM), localizada no município de Paracatu, Minas Gerais (latitude 17°13'S, longitude 46°52'W e altitude de 650 m).

As avaliações foram feitas em dois sistemas silvipastoris. O sistema mais velho foi implantado em novembro de 1993, tendo como componente arbóreo o *Eucalyptus urophylla*, plantado no espaçamento 10 x 4 m, com as fileiras orientadas no sentido leste-oeste. Por ocasião da avaliação, as árvores apresentavam altura média de 22,0 ± 1,8 m e diâmetro à altura do peito (DAP) médio de 22,7 ± 2,8 cm. Já o sistema mais novo foi implantado em novembro de 1996, com um híbrido de *Eucalyptus*, também plantado no espaçamento 10 x 4 m e com as

fileiras orientadas no sentido leste-oeste. As árvores apresentavam, por ocasião da avaliação, altura média de 15,5 ± 0,7 m e DAP médio de 14,8 ± 0,4 cm.

A transmissão de radiação fotossinteticamente ativa aos sub-bosques dos sistemas silvipastoris foi determinada nos dias 20 e 21 de maio de 1999, que se apresentavam praticamente sem nebulosidade, entre 11 e 13 horas. Em cada sistema, as determinações da densidade do fluxo de fótons (DFF; $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$) foram realizadas de metro em metro, ao longo de dez transeções de 10 m de comprimento, transversais às fileiras do eucalipto. As leituras foram feitas com o uso de um sensor linear LI-191SA (*line quantum sensor*), de 1 m de comprimento, acoplado a um medidor de luz LI-250, ambos da marca LI-COR. Cada leitura representou o valor médio da DFF incidente no sensor, medida durante 15 segundos. Determinou-se também a DFF a pleno sol.

Na época desta avaliação (maio de 1999), foi constatado que a altitude solar era inferior a 90°. Para saber qual a época em que a altitude solar no local seria igual a 90°, quando haveria maior transmissão de luz solar direta ao sub-bosque, calculou-se a declinação solar (δ) ao longo do ano, de acordo com a equação proposta por Cooper (1969), e apresentada por Vianello & Alves (1991):

$$\delta = 23,45 \times \text{sen} \{360/365 \times (284 + n)\}$$

em que δ é a declinação solar e n, o número do dia do ano, variando de 1 a 365, para o período de 1º de janeiro a 31 de dezembro.

Os dados de transmissão média de luz nos dois sistemas silvipastoris foram submetidos à análise de variância, segundo o delineamento inteiramente casualizado, com dez repetições (médias de cada transeção), sendo as médias comparadas pelo teste F.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra a variação espacial da transmissão de luz aos sub-bosques dos sistemas silvipastoris estudados. No sistema mais novo (2,5 anos), a transmissão de luz variou de 12,8 a 65,6% de pleno sol, de acordo com a posição na entrelinha do eucalipto (Figura 1a). Já no sistema mais velho (5,5 anos), a variação foi menor (de 16,3 a 43,0% de pleno sol, Figura 1b). Os sistemas apresentaram-se bastante distintos quanto à variação espacial da transmissão de luz, tendo no sistema mais novo ocorrido maior incidência de luz na região próxima

à fileira do eucalipto, com a região central da entrelinha recebendo muito pouca luz; já no sistema mais velho, a radiação fotossinteticamente ativa distribuiu-se mais uniformemente ao longo da entrelinha. É provável que tal fato seja um reflexo das diferenças entre as árvores que compõem os dois sistemas quanto ao tamanho e à densidade de suas copas - as árvores do sistema mais novo apresentavam copas menores, porém mais densas.

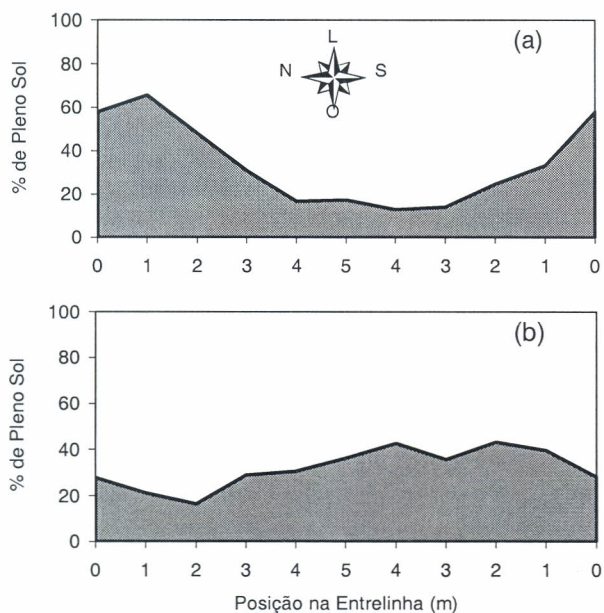


Figura 1 – Variação espacial da transmissão de luz aos sub-bosques de dois sistemas silvopastoris com 2,5 (a) e 5,5 (b) anos de implantação, em maio de 1999, em horário próximo ao meio-dia.

Figure 1 – Spatial variation in the relative light transmission in two silvopastoral systems with eucalypts aged 2.5 (a) and 5.5 years (b), in May 1999, measured near noon.

Os padrões da variação espacial da transmissão de luz, apresentados pelos dois sistemas, foram diferentes do normalmente esperado quando as fileiras da espécie arbórea estão orientadas no sentido leste-oeste, e o dossel formado ainda não está fechado – como era o caso dos sistemas em estudo. Nessas condições, eram esperados menores níveis de transmissão de luz na área próxima às fileiras de eucalipto, aumentando gradualmente até atingir o valor máximo no centro da entrelinha.

As diferenças na altitude solar ao longo do ano explicam esse fato. Aquele padrão de transmissão de luz “normalmente esperado”, com forma semelhante à da

distribuição normal, só ocorre na época em que o sol se encontra perpendicular (90°) à superfície terrestre, no local avaliado. De acordo com Rosenberg (1974), altitude solar de 90° somente ocorre quando a declinação solar se encontra em perfeita correspondência com a latitude do local. Portanto, aquele padrão “normal” de transmissão de luz somente ocorrerá nestes sistemas silvopastoris, na época em que a declinação solar estiver próxima a 17°13’S (latitude do local). Este não era o caso na ocasião desta avaliação (20 e 21 de maio de 1999), quando a declinação solar foi de 19°42’N (Quadro 1).

Quadro 1 – Variação da declinação solar no decorrer do ano
Table 1 – Solar declination variation along the year

Data	Declinação Solar ¹	Observação
23/03	00°00’	Equinócio de outono
20/04	10°52’N	
20/05	19°42’N	Data da avaliação realizada
23/06	23°27’N	Solstício de inverno
23/07	20°14’N	
23/08	11°24’N	
23/09	00°00’	Equinócio de primavera
23/10	12°06’S	
09/11	17°22’S	Declinação solar = latitude do local
23/12	23°27’S	Solstício de verão
02/02	17°40’S	Declinação solar = latitude do local
01/03	08°17’S	

¹ Calculada com base na equação proposta por Cooper, em 1969, e apresentada por Vianello & Alves (1991).

A Figura 2 ilustra melhor essa situação. Quando a altitude solar é inferior a 90° (Figura 2a), a maior parte da radiação solar é interceptada pela copa das árvores e a variação espacial da transmissão de luz ao sub-bosque será função do espaçamento, do tamanho das árvores e da densidade de suas copas. Já na época em que o sol se encontra perpendicular à superfície do local (Figura 2b), boa parte da luz solar atinge diretamente o sub-bosque, principalmente na porção central da entrelinha.

Apesar das diferenças quanto à variação espacial, os valores médios de transmissão de luz nos dois sistemas silvopastoris foram muito semelhantes (32,2 ± 9,2 e 32,1 ± 8,6% de pleno sol, respectivamente, para os sistemas com 5,5 e 2,5 anos), não apresentando diferença estatisticamente significativa (P=0,87), o que se deveu à maior densidade das copas das árvores que constituíam o

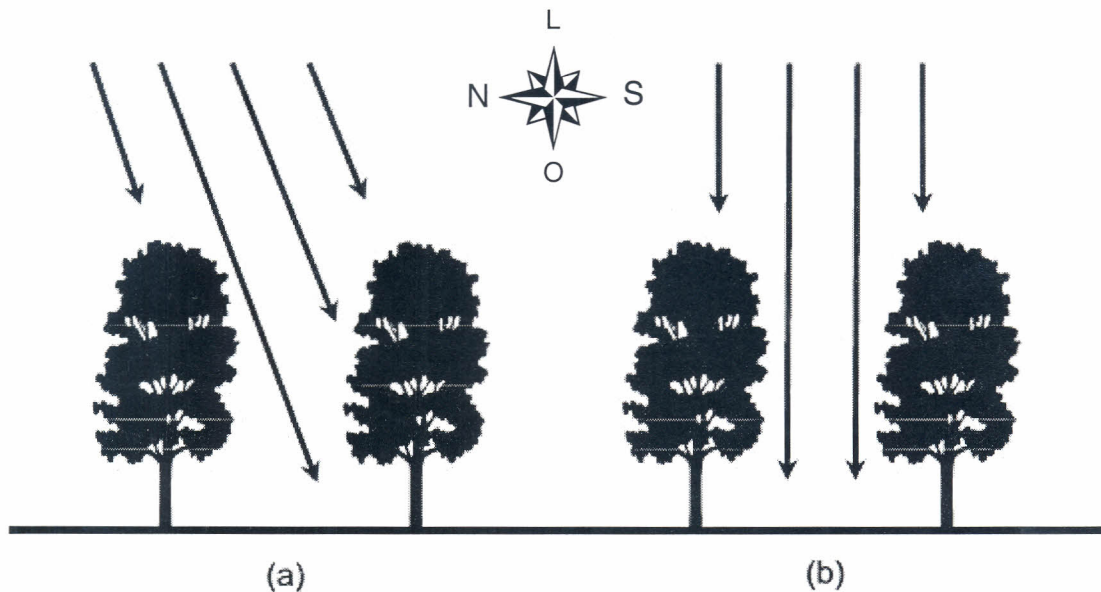


Figura 2 – Penetração da radiação solar direta em um sistema silvipastoril, com as árvores plantadas no sentido leste-oeste, de acordo com a altitude solar: (a) altitude solar inferior a 90° e (b) altitude solar de 90° .

Figure 2 – Penetration of direct solar radiation in a silvipastoral system, with the trees planted east-west, according to the solar altitude: (a) solar altitude lower than 90° and (b) solar altitude of 90° .

sistema mais novo, compensando seu menor tamanho. Durante o verão, quando a altitude solar é maior, é provável que as diferenças entre os sistemas se acentuem, com o sistema mais novo permitindo maior transmissão de luz ao sub-bosque devido ao menor tamanho das copas de suas árvores.

Com base no que foi discutido anteriormente, pode-se afirmar que os valores de transmissão de luz, obtidos nesta avaliação (32% de pleno sol), subestimam a transmissão de luz aos sub-bosques dos sistemas silvipastoris estudados durante o verão. Nesta época, é provável que a transmissão de luz tivesse sido superior a 50%, nos dois sistemas. É necessário que sejam realizados mais estudos, abrangendo diferentes condições de altitude solar (diferentes épocas do ano), para que se conheça melhor a variação da transmissão de luz ao longo do ano, nestes sistemas silvipastoris.

A transmissão de luz ao sub-bosque também depende da proporção de luz direta em relação à difusa. Assim, avaliações feitas em dias com céu claro – como ocorreu neste trabalho – subestimam a transmissão de luz ao sub-bosque em dias nublados, em que há maior relação luz difusa/luz direta; o motivo é que a luz difusa, por emanar de todo o céu, e não apenas de um único ponto

(sol), tem melhor penetração no dossel que a luz direta (Wilson e Ludlow, 1991). Assim, as considerações feitas neste trabalho são válidas apenas para dias ensolarados, em que há predomínio de luz direta em relação à difusa. Em dias nublados, não há efeito da declinação solar sobre a transmissão de luz ao sub-bosque do sistema silvipastoril.

Outra constatação importante foi a grande variação entre as leituras quanto à transmissão de luz, sendo registrados valores tão baixos quanto 6,5% e tão altos quanto 82,0% de pleno sol. Tal fato reflete a variação na distribuição dos *sunflecks* (flash de luz solar direta que atravessa o dossel) na área do sub-bosque, o que pode ter consequências sobre a atividade fotossintética das forrageiras.

4. CONCLUSÕES

Os sistemas silvipastoris estudados diferiram quanto à variação espacial da transmissão de luz, mas não quanto ao valor médio de transmissão de luz.

Em virtude de a transmissão de luz ser dependente da altitude solar, que varia ao longo do dia e do ano, os resultados deste trabalho se aplicam apenas a condições semelhantes deste fator.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ONG, C. K. A framework for quantifying the various effects of tree-crop interactions. In: ONG, C. K.; HUXLEY, P. (Eds.) **Tree-crop interactions: a physiological approach**. Wallingford: CAB International, 1996. p. 1-23.
- ROSENBERG, N. J. **Microclimate: the biological environment**. New York: J. Wiley, 1974. 315 p.
- VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1991. 449p.
- WILSON, J. R.; LUDLOW, M. M. The environment and potential growth of herbage under plantations. In: SHELTON, H. M.; STÜR, W. W. (Eds.) **Forages for plantation crops**. Austrália: ACIAR, 1991. p. 10-24. (ACIAR Proceedings, 32)
- YOUNG, A. **Agroforestry for soil management**. 2.ed. Wallingford: CAB International, 1997, 320 p.