

ADAPTAÇÃO DE UM MÉTODO PARA MEDIR O ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR (IAF) E SUA APLICAÇÃO PARA BRAQUIÁRIA (*Brachiaria brizantha* Hochst ex A. Rich) EM UM SISTEMA SILVIPASTORIL NO NOROESTE DO PARANÁ¹

Flavia Camargo de Oliveira²
Miroslava Rakocevic³

A quantificação da estrutura do dossel é essencial para o entendimento dos processos de trocas entre o dossel vegetal e o ambiente. O índice de área foliar (IAF) é um parâmetro usado para definir a quantidade de área foliar do dossel da planta. Vários métodos para medição do IAF têm sido propostos e aplicados. Este trabalho teve o objetivo de adaptar e aplicar um método com baixo custo para estimar o IAF de uma pastagem de braquiária (*Brachiaria brizantha*) em consórcio com eucalipto (*Corymbia citriodora*) visando avaliar a influência do sombreamento de diferentes orientações (Norte-Sul e Leste-Oeste) dos renques arbóreos na produtividade da pastagem. O IAF foi utilizado para diferenciar a produção de folhas verdes entre os estratos da pastagem para análise da competição inter e intra-específica. O experimento foi implantado em outubro de 2001 em um sistema silvipastoril (SSP) associando eucalipto com braquiária existente há dez anos no município de Paranavaí no Estado do Paraná. Foram estabelecidos sete tratamentos distribuídos em três áreas distintas, todos com dez pontos de amostragem. As coletas de dados foram realizadas nos períodos de 08-13/10/2001; 29/10-02/11/2001 e 10-14/12/2001. Não foi verificado aumento de área foliar da braquiária posicionada próxima às árvores no período da seca (29/10). Nestas condições ocorreu diminuição do IAF do estrato inferior, relacionado com senescência de folhas mais velhas. O IAF de 3-3,5 que foi verificado na última observação não se mostrou crítico para proporcionar o aparecimento de competição inter e intra-específica por luz, que evidencia a boa distribuição dos componentes deste SSP. Os resultados de IAF mostram que em condições de stress hídrico a competição interespecífica por água torna-se crítica para a produção de braquiária. O método adaptado e utilizado para as medições de IAF neste trabalho pode ser usado para gramíneas no campo na ausência de um planímetro óptico portátil.

INTRODUÇÃO

A distribuição espacial vegetal possui um papel central nos processos de trocas entre o dossel vegetal e o ambiente. Neste sentido, a quantificação da estrutura do dossel é essencial para o entendimento destes processos (Wohlfahrt et al. 2001). O crescimento e desenvolvimento das plantas estão relacionados primariamente com o processo de interceptação da radiação solar e sua posterior utilização no processo de fotossíntese. O genótipo das plantas determina o tamanho da superfície de interceptação da luz, porém, esta característica estrutural é também influenciada, em maior ou menor grau, pelas condições ambientais dependendo da plasticidade da planta (Valladares & Pearcy, 1999).

O tamanho, a forma, a orientação e a distribuição espacial dos órgãos da planta são as características de sua arquitetura que influenciam a interceptação da radiação (Ross, 1981). A distribuição espacial dos órgãos aéreos pode ser considerada em plantas individuais, estratos de dossel, dossel ou população. Dentro desta definição a área foliar, que é uma característica

¹ Trabalho desenvolvido na *Embrapa Florestas*

² Aluna do Curso de Biologia, Universidade Federal do Paraná

³ Pesquisadora visitante da *Embrapa Florestas* mima@cnpf.embrapa.br

estrutural, pode ser considerada como um coletor solar, no âmbito da interceptação da radiação, sendo caracterizada pelo seu tamanho e qualidade.

O índice de área foliar (IAF; LAI em inglês) é um parâmetro usado para definir a quantidade de área foliar do dossel da planta. É definido por Watson (1947, citado por Varlet-Grancher et al. 1993, p. 132) como sendo a quantidade de área foliar, considerando apenas uma das faces das folhas, sobre um metro quadrado de área do solo. Este índice normalmente aumenta durante os primeiros estágios de crescimento, atingindo um valor máximo e então decrescendo devido à senescência foliar.

Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivos adaptar e aplicar um método com baixo custo para estimar, no campo, o IAF de uma pastagem de braquiária (*Brachiaria brizantha* Hochst. ex A. Rich) em consórcio com eucalipto (*Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson) avaliando a influência de diferentes regimes de sombreamento na produtividade da pastagem. As medições da distribuição da área foliar, realizadas através das estimativas de IAF, foram utilizadas como ferramenta para diferenciar a produção de folhas verdes entre os estratos da pastagem, permitindo a análise da competição inter e intra-específica.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no município de Paranavaí no Estado do Paraná e possui aproximadamente 4000 há, dos quais 70 ha são ocupados por sistema silvipastoril (SSP).

A vegetação da região é denominada Floresta Estacional Semidecidual. Predominam os solos de baixa fertilidade natural, ácidos, de médio teor de alumínio trocável e saturação de bases baixa classificados como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico.

Os registros da soma das precipitações diárias em cada mês, do número de dias sem precipitação em cada mês e da temperatura média de outubro a dezembro de 2001 foram fornecidos pelo IAPAR e podem ser verificados na Tabela 1 e na Figura 1.

Tabela 1: Soma das precipitações diárias por mês (mm), número de dias sem precipitação por mês e temperatura média mensal (°C) em Paranavaí, PR, de outubro a dezembro de 2001 (Fonte: IAPAR).

Condições meteorológicas	Outubro	Novembro	Dezembro
Soma mensal de precipitações (mm)	63	144.8	226.8
Dias sem precipitações	25	17	18
Temperatura média mensal (°C)	23.96	24.61	23.91

Os dados referentes à soma das precipitações diárias por mês e aos dias sem registro de precipitação nos meses de outubro a dezembro de 2001 na região de Paranavaí (Tabela 1) mostram uma escassez de água no fim de outubro e começo de novembro.

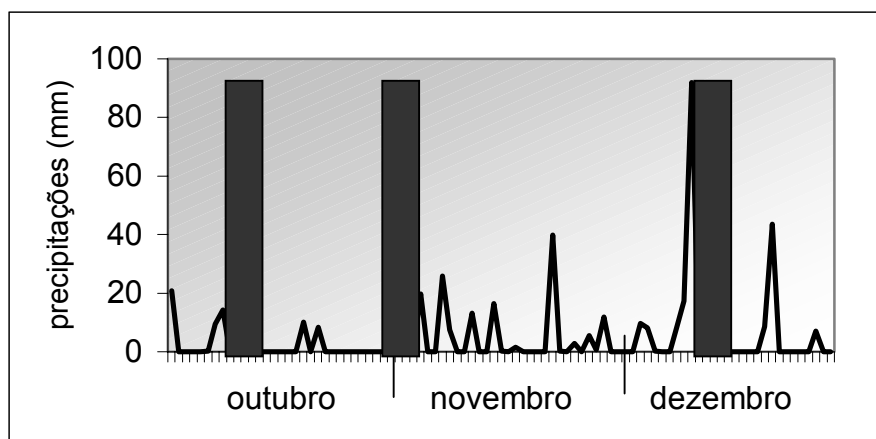


Figura 1: Precipitação diária em Paranaíba de outubro a dezembro de 2001 (Fonte: IAPAR). Área hachurada = períodos de amostragem.

Delineamento experimental

O experimento foi implantado em outubro de 2001 em um SSP com associação de *Corymbia citriodora* com *Brachiaria brizantha*, existente há dez anos.

Foram escolhidas três áreas experimentais distintas:

Área 1 – com os renques de eucalipto seguindo a orientação Norte-Sul.

Área 2 – com os renques de eucalipto seguindo a orientação Leste-Oeste.

Área 3 – pastagem sem associação com eucalipto (área aberta).

Dentro destas três áreas foram estabelecidas sete situações distintas visando a avaliação da produtividade da braquiária perante as diferentes orientações dos renques arbóreos.

Tratamento 1 (T1) com 10 pontos de amostragem marcados próximo às fileiras de eucalipto N-S no lado oeste (3m).

Tratamento 2 (T2) com 10 pontos de amostragem marcados no meio da área entre as duas fileiras de eucaliptos (15m).

Tratamento 3 (T3) com 10 pontos de amostragem marcados próximo às fileiras de eucalipto N-S no lado leste a (3m).

Tratamento 4 (T4) com 10 pontos de amostragem marcados próximo às fileiras de eucalipto L-O no lado norte (3m).

Tratamento 5 (T5) com 10 pontos de amostragem marcados no meio da área entre as duas fileiras de eucaliptos (15m).

Tratamento 6 (T6) com 10 pontos de amostragem marcados próximo às fileiras de eucalipto L-O no lado sul (3m).

Tratamento 7 (T7) com 10 pontos de amostragem no meio de uma área sem a presença de árvores (área aberta).

Procedimento de medições

As coletas de dados foram realizadas nos períodos de 08-13/10/2001 (observação 1); 29/10-02/11/2001 (observação 2) e 10-14/12/2001 (observação 3). Durante as coletas e nos intervalos entre as coletas as áreas experimentais permaneciam fechadas sem visita de animais para pastagem. Foram estabelecidas três repetições para cada tratamento nas quais o IAF foi medido a partir de amostras do dossel da braquiária coletadas dentro de área delimitada por um quadro de ferro de 25 cm x 20 cm (0,05 m²). Para cada repetição o dossel foi dividido em três estratos de 20 cm a partir do solo (0-20 cm; 20-40 cm; 40-60 cm). Foram marcadas 10 plantas por tratamento, nas quais foi acompanhado o número total de folhas verdes que se desenvolveram entre as observações.

Método desenvolvido para medir o IAF

Foi desenvolvido um método de baixo custo para estimar o IAF da pastagem de braquiária estudada. É um método direto da medição do parâmetro estrutural IAF do dossel das plantas. Varlet-Grancher et al. (1993) definem um método direto como aquele que não realiza as estimativas através de avaliações de interceptação de luz ou medidas de radiação.

De maneira geral todos os métodos diretos de medida e estimativa da área foliar são cansativos e consomem muito tempo. Antes da escolha do método a ser seguido é aconselhável que sejam avaliados os fatores descritos a seguir: i/ características da vegetação: tamanho e forma das folhas, ii/ características do experimento: precisão requerida, tamanho da amostra e se as medidas são ou não destrutivas; iii/ características de custo: consumo de tempo, equipamento técnico (Kvet e Marshall, 1971; Daughtry e Hollinger, 1984 citados por Varlet-Grancher et al. 1993). Estes aspectos podem ser antagônicos, por exemplo, metodologias rápidas não requerem altos investimentos em equipamentos (Varlet-Grancher et al. 1993).

O método desenvolvido neste trabalho foi chamado de “Método do papel heliográfico” e está descrito abaixo. Ele pode ser caracterizado como uma forma de planimetria óptica, mas com uso de scanner ao invés de lâmpadas para diferenciar as áreas com folhas e sem folhas.

Descrição detalhada do procedimento

O papel heliográfico é utilizado principalmente para se fazer cópias de mapas e plantas de casas devido a sua propriedade de impressão de imagens. Esta impressão é possível pelo fato de o papel possuir um de seus lados (de cor amarela) sensíveis tanto à luz direta quanto ao vapor liberado pelo hidróxido de amônio (NH_4OH). Pode tornar-se branco quando exposto à luz intensa ou tornar-se roxo quando em contato com o vapor liberado pelo NH_4OH . O papel deve ser guardado em um local escuro e protegido da umidade afim de não perder as suas propriedades. Por este motivo os papéis heliográficos foram guardados dentro de um saco de lona preta sempre bem fechado.

O método inclui os seguintes passos:

1. **No campo:** as lâminas das folhas da braquiária foram distribuídas na placa de acrílico transparente, sem se sobreporem, e fixadas na placa com cola bastão para evitar que voassem com vento. O papel heliográfico, previamente cortado, foi colocado sobre as lâminas foliares coladas no acrílico de maneira que seu lado sensível (amarelo) ficasse voltado para estas lâminas. Outra placa de acrílico foi colocada atrás do papel a fim de pressioná-lo contra as lâminas das folhas de braquiária. Em seguida o papel foi exposto à luz intensa do sol por apenas alguns segundos. As áreas do papel encobertas pelas folhas de braquiária não reagiam com a luz permanecendo amarelas. O resto do papel reagia com a luz e ficava branco. Finalmente o papel heliográfico foi retirado rapidamente do meio dos acrílicos e colocado dentro da caixa de revelação com a parte sensível voltada para baixo sobre uma grade divisória de metal. Dentro da caixa foram previamente colocados algodões embebidos com NH_4OH embaixo da grade divisória. Desta maneira, a área sensível do papel heliográfico, a qual havia ficado restrita às porções encobertas pelas lâminas foliares, entrava em contato com o vapor de hidróxido de amônio dentro da caixa, adquirindo a coloração roxa escura.

Recomendações: usar uma máscara para evitar a inalação de hidróxido de amônio, que é tóxico.

2. **No laboratório:** os papéis com as impressões das lâminas foliares de braquiária foram copiados para o computador com o auxílio de um scanner. As imagens das áreas foliares com uma forte coloração roxa que contrastava com o resto do papel branco foram copiadas em preto (exibindo um grande contraste com o fundo branco) e salvas com extensão “.pcx”. A área foliar registrada em cada papel foi calculada pelo programa PCXAREA v. 1.21 de Van Lier Software, 1992.

O programa funciona da seguinte forma: Cria-se um subdiretório com um nome qualquer, tipo PCXAREA; copia-se o programa PCXAREA para dentro deste subdiretório; copiam-se todos os arquivos das cópias em preto e branco das folhas de braquiária (que foram salvas com a extensão “.pcx”); no prompt do DOS digita-se PCXAREA seguido do nome do arquivo tipo “.pcx”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições de precipitação influenciaram diretamente a produção da área foliar da pastagem quando a água tornou-se o fator limitante (Figura 2). A observação 2 ocorreu num período de seca não chovendo em nenhum dos dias das coletas de dados, além de que no intervalo entre as duas primeiras observações choveu apenas dois dias. A braquiária posicionada ao lado das árvores (T1, T3, T4 e T6) apresentou um IAF igual ou até menor nesta época comparando com a observação 1. Entre o segundo e o terceiro período de amostragem ocorreu uma distribuição mais regular da precipitação, proporcionando condições mais favoráveis para o crescimento de plantas. Neste período chuvoso novas folhas verdes foram emitidas (Figura 4) e ocorreu a restauração da morfologia das plantas de braquiária nos tratamentos do SSP estudado.

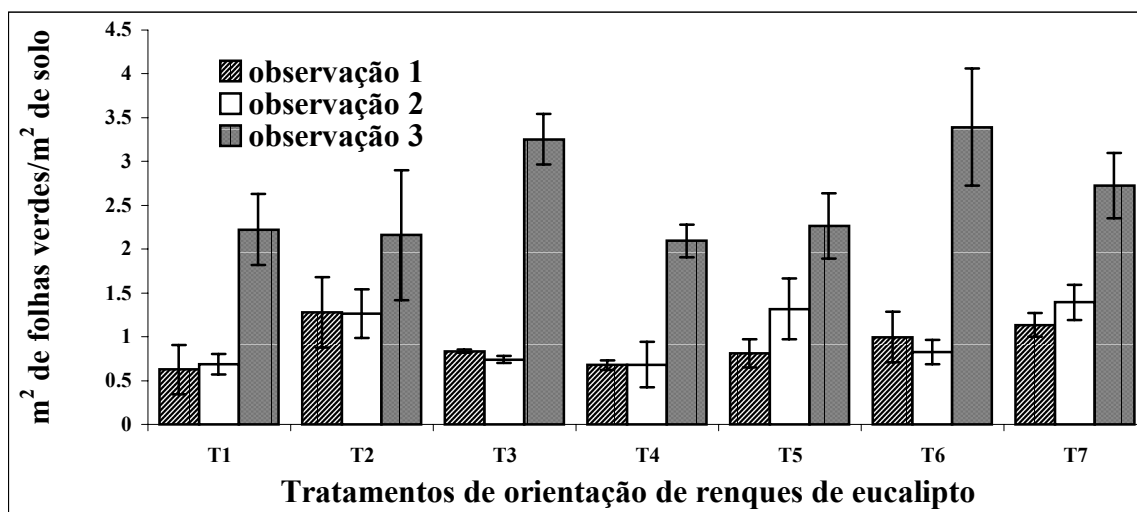


Figura 2: Índice de Área Foliar (IAF) da braquiária em um sistema silvipastoril com eucalipto medido em outubro, novembro e dezembro de 2001 em Paranavaí, PR.

De acordo com o “princípio da exclusão competitiva”, duas espécies não podem coexistir com o mesmo fator limitante. Nem todos os recursos limitam as populações de consumidores. O potencial de um recurso para limitar o crescimento populacional depende de sua disponibilidade em relação à demanda. (Ricklefs, 1996). No período de seca, o consumo de água pelas duas espécies consorciadas nos SSP diminuiu o recurso, acarretando a limitação do crescimento populacional da gramínea, provocado pela competição inter-específica.

Analisando este fenômeno através da observação dos estratos de área foliar da braquiária demarcados a cada 20 cm de altura (Figura 3), verifica-se que quando a cobertura vegetal da gramínea foi submetida à forte competição interespecífica ao lado das árvores (Figura 3b) ocorreu senescência no estrato inferior perto do solo com a diminuição da área das suas folhas verdes comparando com a medição inicial (Figura 3a). Quando não havia a forte competição interespecífica por água, a distribuição vertical da fitomassa seguiu o “padrão pirâmide” (ver Wohlfahrt et al. 2001) na observação 3, com maior acúmulo de área foliar nos estratos inferior e intermediário da braquiária, diminuindo no estrato superior (Figura 3c). Isto mostra que não foi atingido um alto grau de competição inter e intra-específica por luz. Nesta mesma época a braquiária da área aberta manteve uma baixa emissão de folhas verdes (Figura 4), mas com uma maior área individual (Figura 2), tendo, portanto, uma melhor distribuição nos caules (Figura 3c). O IAF de 3-3,5, que foi atingido neste experimento, não se mostrou suficientemente crítico para proporcionar o aparecimento de competição intra-específica por luz entre os estratos de folhas de braquiária. O desenvolvimento de um terceiro estrato do dossel da braquiária em todos os tratamentos evidencia a boa distribuição dos componentes deste SSP.

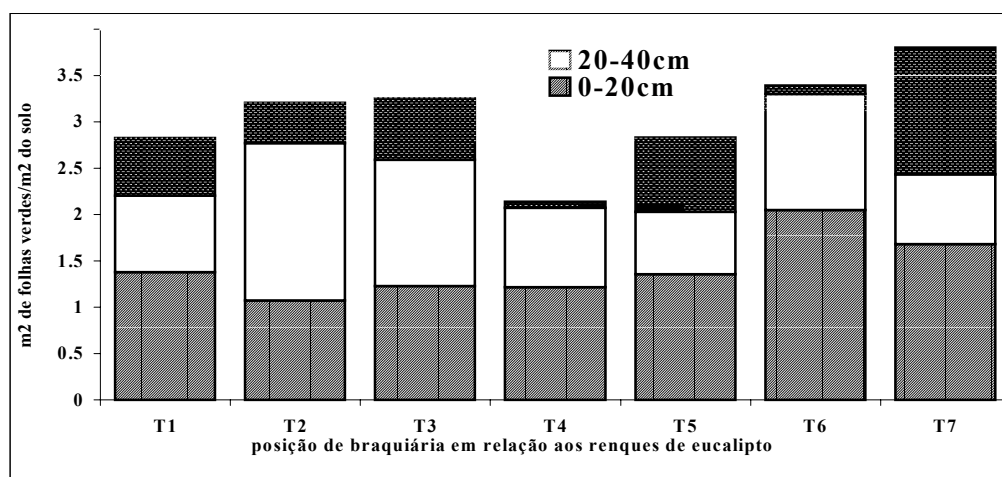
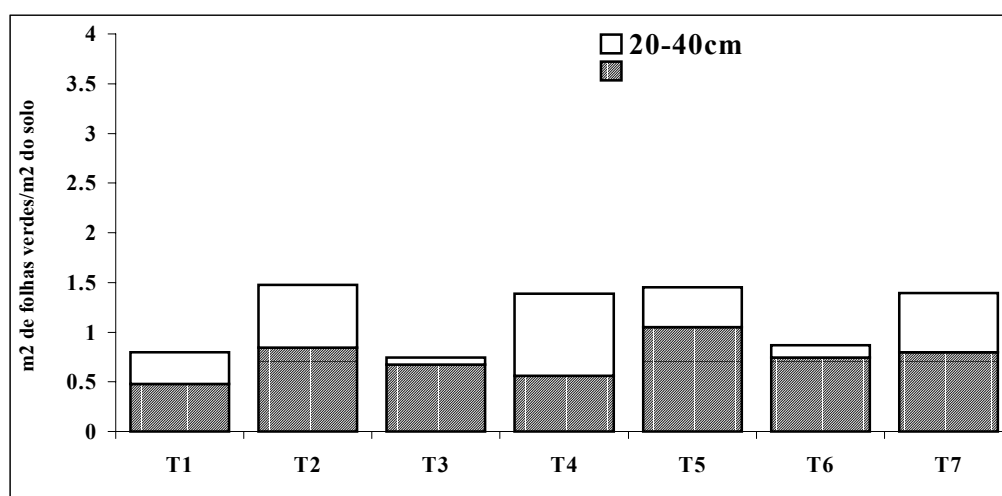
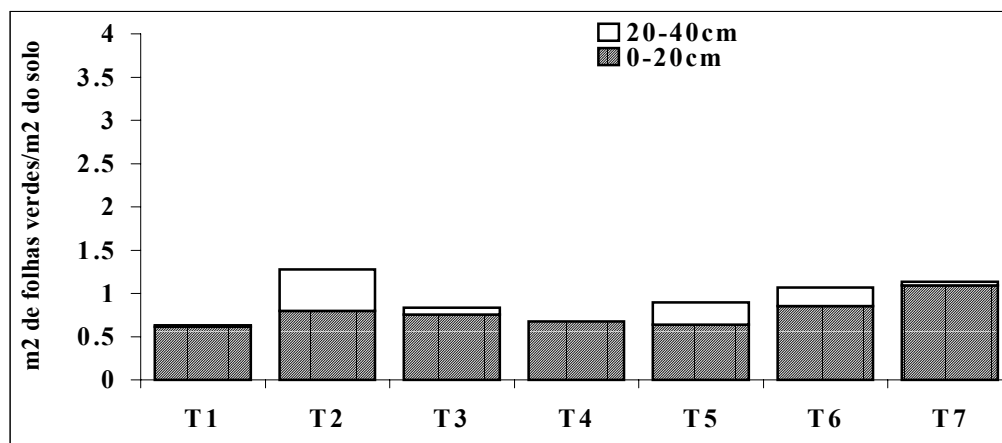


Figura 3: IAF de braquiária medido em estratos. (a) observação 1 – imediatamente após período chuvoso; (b) observação2 – durante período seco; (c) observação 3 – durante período chuvoso.

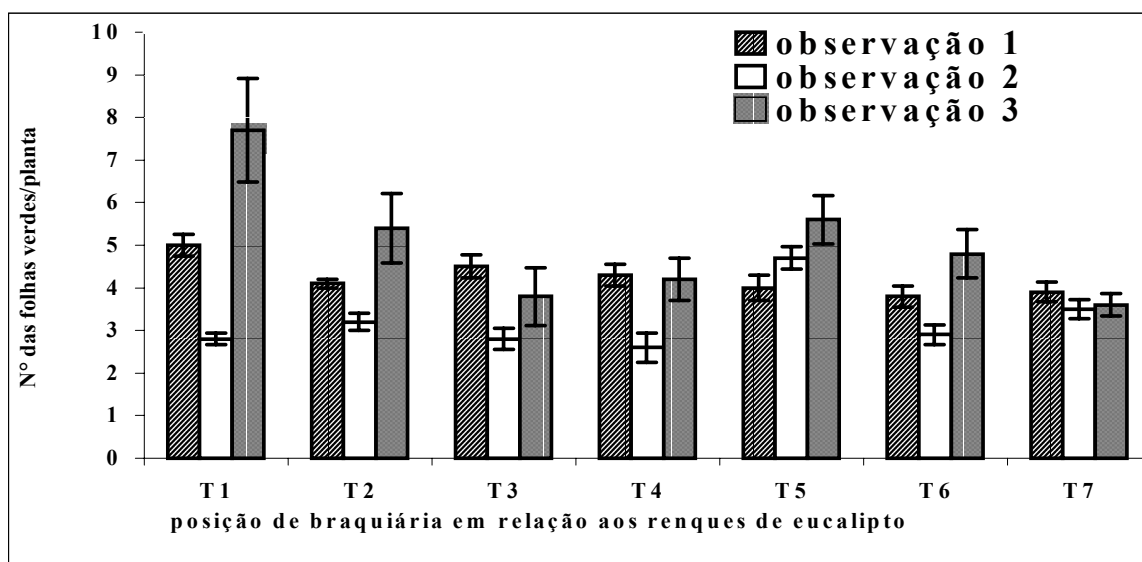


Figura 4: Número de folhas verdes por planta de braquiária verificado nos tratamentos T1 a T7 durante as três observações realizadas em Paranavaí, PR, de outubro a dezembro de 2001.

Os dados de IAF podem servir para auxiliar a interpretação de competição por luz, água e nutrientes, usados como parâmetros em modelos ecofisiológicos. Segundo Ross et al. (2000), a realização, durante um longo período, de uma avaliação da fotossíntese, transpiração, crescimento e outros processos ecofisiológicos precisam de um “input parameter” da distribuição vertical da área foliar do dossel.

O método para medição da área foliar desenvolvido neste trabalho está descrito de maneira sintetizada na Tabela 2 junto com os métodos citados por Varlet-Grancher et al. (1993) e com o método de fotografia hemisférica.

Tabela 2. Apresentação sumarizada dos métodos comumente usados para medir e estimar a área foliar (Kvet e Marshall, 1971, citados por Varlet-Grancher et al. 1993, p. 147, e ampliada neste artigo com o método descrito por Barclay et al. 2000 (*) e com o método do papel heliográfico aqui proposto (**)):

Método: Contagem de quadrados

Equipamento técnico requerido	: papel milimetrado
Mais apropriado para	: folhas individuais
Limite superior de erro	: $\pm 25 \text{ mm}^2$
Vantagens	: boa precisão
Desvantagens	: cansativo
Observações	: apropriado para calibrar outros métodos

Método: Planimetria manual

Equipamento técnico requerido	: planímetro manual
Mais apropriado para	: folhas individuais de formato simples
Limite superior de erro	: 3%
Vantagens	: boa precisão, baixo custo
Desvantagens	: cansativo, serve apenas para folhas pequenas e isoladas
Observações	: apropriado para calibrar outros métodos

Método: Planimetria óptico-eletrônica

Equipamento técnico requerido	: medidor de área foliar
Mais apropriado para	: folhas de tamanhos variados
Limite superior de erro	: menos do que 3%
Vantagens	: boa precisão, rápido e simples
Desvantagens	: custo elevado do equipamento

Observações : apropriado para calibrar outros métodos

Método: Medições lineares

Equipamento técnico requerido : régua ou escala
Mais apropriado para : conjunto de folhas
Limite superior de erro : 10%
Vantagens : apropriado para uso no campo
Desvantagens : instabilidade das relações
Observações : precisa de calibração de outro método

Método: Medição de peso das folhas

Equipamento técnico requerido : balança, estufa
Mais apropriado para : conjunto de folhas, folhagem de culturas
Limite superior de erro : 15%
Vantagens : apropriado para amostras grandes
Desvantagens : destrutivo, apenas representativo das amostras
Observações : precisa de calibração contínua de outro método

Método: Medição de peso de papel

Equipamento técnico requerido : balanças de precisão, papel pesado de boa qualidade
Mais apropriado para : folhas individuais de formas simples
Limite superior de erro : 5%
Vantagens : com boa precisão
Desvantagens : cansativo

Método: Fotografia hemisférica (*)

Equipamento técnico requerido : máquina fotográfica com a objetiva de 180° (“olho de peixe”), ou um dos aparelhos recentes de análise de dossel
Mais apropriado para : apropriado para avaliação do dossel
Limite superior de erro : não disponível
Vantagens : não destrutivo, rápido e simples, analisa dossel
Desvantagens : custo elevado do equipamento, precisa de comparação com outro método para avaliar a sensibilidade, avaliação de IAF efetiva

Método do papel heliográfico ()**

Equipamento técnico requerido : papéis heliográficos, caixa de revelação, revelador (hidróxido de amônio), placas de acrílico e scanner
Mais apropriado para : amostras não muito grandes e pode ser utilizado para qualquer tamanho e forma de folha, mesmo compostas
Vantagens : barato, boa precisão, pode ser realizado no campo
Limite superior de erro : não disponível
Desvantagens : deve-se tomar cuidado para não inalar o NH_4OH , destrutivo, cansativo e requer bastante tempo
Observações : deve ser aperfeiçoado.

CONCLUSÃO

O método adaptado e utilizado para as medições de IAF neste trabalho mostrou-se eficiente para auxiliar na avaliação do crescimento de braquiária no sistema silvipastoril estudado e pode ser usado para gramíneas no campo na ausência de um planímetro óptico portátil.

Os resultados de IAF mostram que em condições de estresse hídrico a competição interespecífica com eucaliptos torna-se crítica para a produção de braquiária.

Quando a água não foi um fator limitante, ocorreu aumento do estrato inferior da braquiária em todos os tratamentos, até o IAF de 3-3,5. Nestas condições pode ser concluído que o arranjo

formado entre a árvores e a pastagem neste SSP proporciona uma ausência de competição inter e intra-específica por luz entre as duas espécies.

BIBLIOGRAFIA

RAKOCEVIC, M.; RIBASKI, J. The efficiency of *Brachiaria brizantha* Hochst. Ex A. Rich., in a silvipastoral system in southern Brazil. In: INTERNATIONAL YEAR OF MOUNTAINS, 1., 2002, Belgrado/Iugoslávia. **Anais**, Belgrado/Iugoslávia: Faculty of Forestry, 2003. p. 323-332.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**, Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro, 1996. 470 p.

ROSS, J.; ROSS, V.; KOPPEL, A. Estimation of leaf area and its vertical distribution during growth period. **Agricultural and Forest Meteorology**. Elsevier, Berlim, p. 237-246, 2000.

ROSS J. **The radiation regime and architecture of plant stands**. Junk, Hague, 1981. 391 p.

SINOQUET, H.; ANDRIEU, B. The geometrical structure of plant canopies: characterization and direct measurement methods. In: VARLET-GRANCHER, C.; BONHOMME, R.; SINOQUET, H. **Crop structure and light microclimate**: Characterization and applications. Paris: INRA Editions, 1993. p. 131-158.

VALLARADES, F.; PEARCY, R.W. The geometry of light interception by shoots of *Heteromyles abutilifolia*: morphological and physiological consequences for individual leaves. **Oecologia**, n. 121, p. 171-182, 1999.

WOHLFAHRT, G.; SAPINSKY, S; TAPPEINER, U.; CERNUSCA, A. Estimation of plant area index of grassland from measurements of canopy radiation profiles. **Agricultural and Forest Meteorology**. Elsevier, Berlim, p. 1-12, 2001.