

INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO

DISSERTAÇÃO

Características Morfológicas e Anatômicas de
***Brachiaria decumbens* Stapf (Poaceae) em um**
Sistema Silvipastoril

Cátia Cristina Mofato Frade da Silva

2007



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO**

**CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E ANATÔMICAS DE
Brachiaria decumbens STAPF (POACEAE) EM UM SISTEMA
SILVIPASTORIL**

CÁTIA CRISTINA MOFATO FRADE DA SILVA

Sob a Orientação do Professor
Roberto Oscar Pereyra Rossiello

e Co-orientação do Pesquisador
Maurílio José Álvim

Dissertação submetida como
requisito parcial para obtenção do
grau de **Mestre em Ciências**, no
Curso de Pós-Graduação em
Agronomia, Área de Concentração
em Ciência do Solo

Seropédica, RJ
Maio de 2007

633.2

S586c

T

Silva, Cátia Cristina Mofato Frade da, 1977-

Características morfológicas e anatômicas de *Brachiaria decumbens* Stapf (Poaceae) em um sistema silvipastoril / Cátia Cristina Mofato Frade da Silva - 2007.

31f. : il.

Orientador: Roberto Oscar Pereyra Rossiello.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Agronomia.

Bibliografia: f. 27-31.

1. *Brachiaria decumbens* - Anatomia - Teses. 2. Fertilidade do solo - Teses. 3. Gramínia - Teses. 4. Folha - Anatomia - Teses. 5. Sistemas agrícolas - Teses. I Rossiello, Roberto Oscar Pereyra, 1948-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta Dissertação, desde que seja citada a fonte

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – CIÊNCIA DO SOLO**

CÁTIA CRISTINA MOFATO FRADE DA SILVA

Dissertação submetida ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia área de Concentração em Ciência do Solo como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, em Agronomia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 08/05/07.

Roberto Oscar Pereyra Rossiello. Dr. UFRRJ

Domingos Sávio Campos Paciullo. Dr. Embrapa Gado de Leite

Dória Maria Saiter Gomes. Dr. UFRRJ

DEDICATÓRIA

**A Deus, meu Criador e Senhor
toda a honra e toda a glória.
Aos meus filhos, Mathias e
Guilherme, com amor.**

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por ter me dado esta experiência, grande e proveitosa, e por criar uma natureza tão bela e perfeita quanto Ele.

Ao professor Roberto Rossiello pela orientação, carinho e compreensão em todos os momentos, e o mais importante: por não desistir de mim.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, ao Curso de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo, aos coordenadores do curso e aos secretários.

Ao corpo docente pela amizade, ensino e dedicação.

Aos pesquisadores Maurílio José Alvim e Domingos Sávio Campos Paciullo da Embrapa Gado de Leite pela co-orientação deste trabalho e pela prontidão e carinho com que nos atenderam sempre que solicitados.

À professora Lúcia Helena Anjos por todo o incentivo nestes anos.

Aos pesquisadores Carlos Augusto Carvalho e pela ajuda e apoio constante.

Aos professores do laboratório de anatomia vegetal, Helena Lima, Mercedes Rosa, Dória Gomes e Joecildo Rocha, pela ajuda e pelo carinho com que sempre me receberam.

Ao CNPq pelo apoio financeiro e à Embrapa Gado de Leite pelo uso de equipamentos e laboratórios, bem como seus respectivos técnicos.

Aos colegas de curso pela amizade e companheirismo.

A Roberta, Hélio e Sérgio pela ajuda muito bem vinda nessa reta final e pela amizade e companheirismo.

Ao professor Mirton Morenz do Instituto de Zootecnia pela grande ajuda nas análises estatísticas.

Aos professores do Departamento de Histologia, do Instituto de Veterinária pelo uso de equipamento e pelas fotos.

Aos meus sogros, Manuel e Cléa, pelo apoio e incentivo constantes.

Aos meus pais, Marina e Francisco, por todo amor e cuidado que tiveram comigo, com o Nei e com meus filhos durante esses anos e ao meu irmão Fernando que tão prontamente me cedeu o computador quando mais precisei.

Aos garotos da minha vida: Nei Marcio, Mathias e Guilherme, meus grandes amores, pelo amor, carinho e pela compreensão dos momentos em que faltei. Agradeço a Deus por vocês existirem.

RESUMO

MOFATO FRADE DA SILVA, Cátia Cristina. **Características morfológicas e anatômicas de *Brachiaria decumbens*, em um sistema silvipastoril.** Seropédica: UFRRJ, 2007. 31f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2007.

Os sistemas silvipastoris podem constituir uma alternativa viável para a recuperação de áreas sob pastagens, revertendo o processo de degradação causado pelo excesso de pastejo e a redução da fertilidade do solo. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de duas condições de irradiância fotossintética (pleno sol ou sombra natural induzida por cobertura arbórea) em duas estações do ano (seca e chuvosa) sobre a massa de forragem produzida em uma pastagem de *Brachiaria decumbens*, assim como sobre algumas de suas características morfológicas, estruturais e anatômicas. O trabalho foi conduzido em Coronel Pacheco, MG (Embrapa Gado de Leite), durante o período de setembro/2003 a janeiro/2005. A pastagem foi estabelecida em faixas de 30 m da gramínea *Brachiaria decumbens*, alternadas com faixas de 10 m, plantadas com as espécies arbóreas *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium*, estando submetida a pastejo, em regime de lotação rotacionada. Foi adotado o delineamento experimental de blocos completos casualizados com arranjo fatorial 2 x 2, com seis repetições. Resultados indicaram que em condições de sol pleno, a massa seca de folha e de colmo, densidade de perfilhos, índice de área foliar e massa de forragem alcançaram maiores valores. A área por folha foi influenciada significativamente pela condição de sombreamento. A estação das águas influenciou os seguintes atributos: altura da planta, área por folha, comprimento da folha, área foliar específica, densidade populacional de perfilhos, índice de área foliar e massa de forragem. Com relação à anatomia foliar foi verificada maior espessura do mesofilo em folhas de sol. Testes histoquímicos detectaram a presença de corpos silicosos e células suberosas na epiderme de ambas as folhas, lignina e gotas lipídicas por todo o mesofilo foliar.

Palavras chave: Sistema silvipastoril. Sombreamento. Anatomia foliar.

ABSTRACT

MOFATO FRADE DA SILVA, Cátia Cristina. **Morphologic and anatomical characteristics of *Brachiaria decumbens*, in a silvipastoral system**. Seropédica: UFRRJ, 2007. 31p. Dissertation (Master Science in Agronomy, Soil Science). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2007.

Silvipastoral systems may constitute a viable alternative for recovering of pasture areas, reverting the degradation process caused by overgrazing and reduction of soil fertility. The objective of this study was to evaluate the effect of two photosynthetic irradiance conditions (full sunlight or induced natural shade) in two seasons of the year (dry season and rainy season) on forage mass produced by a *Brachiaria decumbens* pasture as well as on some morphological, structural and anatomy traits. The study was carried out in Coronel Pacheco, Minas Gerais State (Embrapa-CNPGL), from september/2003 to january/2005. The pasture was established in a silvipastoral system, within strips (30 m width) alternated with 10 m width strips planted with the tree species of *Acacia mangium* and *Eucaliptus grandis*, being submitted to grazing in a rotational system. It was used an entirely randomized block design with a 2x2 factorial arrangement, with six replications. Preliminary results from the two season measurements indicated higher tiller density, leaf area index and leaf mass in full sunlight conditions. The variable: plant height, stem dry mass, leaf area per tiller and forage mass were not significantly influenced by differential conditions of brightness, although there was a tendency for higher values under the tree canopy. Whith regard to leaf anatomy it was verified a greater thickness in the mesophyll of sun leaves. Histochemical tests detected presence of siliceous bodies and suberous cells in the epidermis of both leaves and lignin and lipid droplets in the entire leaf mesophyll.

Key words: Silvipastoral system. Shading. Leaf anatomy.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 A Família Poaceae e o Gênero <i>Brachiaria</i> spp	2
2.2 O Sistema Silvipastoril	2
2.3 Contribuição das Espécies Arbóreas	3
2.4 Efeito do Sombreamento Sobre o Ciclo Fenológico das Pastagens	3
2.5 Influência da Luz na Estrutura Foliar	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	7
3.1 Localização da Área Experimental.....	7
3.2 Solo e Clima	8
3.3 Características da Pastagem.....	9
3.4 Coletas e Variáveis Analisadas.....	9
3.5 Medição da Radiação Incidente	11
3.6 Estudos de Anatomia Foliar.....	11
3.6.1 Coletas	11
3.6.2 Montagem de lâminas	11
3.6.3 Testes histoquímicos.....	12
3.7 Análises Estatísticas.....	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
4.1 Caracterização dos Níveis de Radiação Fotossinteticamente Ativa entre Ambientes..	13
4.2 Efeitos Sobre a Morfologia, o Crescimento e a Produtividade da Pastagem	16
4.2.1 Sol vs. sombra.....	16
4.2.2 Seca vs. águas	17
4.3 Caracterização Anatômica do Colmo e da Lâmina Foliar de <i>B. decumbens</i>	18
4.3.1 Colmo	18
4.3.2 Epiderme	19
4.3.3 Mesofilo	22
4.3.4 Sistema vascular	22
4.3.5 Bordo foliar.....	23
4.3.6 Testes histoquímicos.....	25
5. CONCLUSÕES	26
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

1. INTRODUÇÃO

As Poaceae, uma das maiores famílias botânicas entre as fanerógamas, agrupa numerosas espécies, distribuídas entre todas as latitudes. A maioria de suas plantas são herbáceas, anuais ou perenes, e incluem as mais importantes espécies para a Humanidade, como milho, trigo e arroz, responsáveis pela alimentação humana e animal numa escala global. Particularmente na alimentação animal, ganham destaque os pastos, nativos ou plantados, que em sua maioria contribuem para a produção de gado bovino.

As pastagens ocupam no Brasil, aproximadamente 180 milhões de hectares, sendo que quase a metade dessa área corresponde a monoculturas de gramíneas melhoradas, principalmente espécies do gênero *Brachiaria*, e em menor proporção, de *Panicum* e *Andropogon* (Macedo, 2005). Em geral, com o passar dos anos, tais pastagens tornam-se degradadas, por causa de problemas como a superlotação das mesmas, o declínio da fertilidade dos solos, na ausência de adubações de reposição, ou a utilização de espécies pouco adaptadas às condições edafoclimáticas da região, entre outros. O avanço do processo de degradação comporta, portanto, uma redução progressiva da produtividade e do valor nutritivo das forrageiras, o que tem constituído em uma das principais limitações a sustentabilidade dos sistemas de produção de bovinos baseados em pastagens.

A integração de pastagens cultivadas com árvores se apresenta como uma opção viável para reverter essa tendência, e promover a sustentabilidade dos sistemas de produção animal a pasto. Entre os benefícios para os componentes do sistema solo/planta/animal, destacam-se a conservação do solo e da água, a possibilidade de melhoria das condições físicas, químicas e da atividade biológica na superfície do solo e o conforto térmico para os animais.

Todavia, o pleno aproveitamento desses benefícios potenciais, requer práticas adequadas de manejo do sistema solo-planta animal, o que pela sua vez, dependerá de informações mais básicas. Como observaram Andrade et al.. (2004), atualmente, o maior entrave à exploração de sistemas silvipastoris sustentáveis está na falta de informações técnicas para auxiliar, tanto no planejamento quanto no gerenciamento de tais sistemas. Particularmente, ainda são escassos no país, os estudos sobre os aspectos ecofisiológicos da interação entre árvores e pastagens. Um desses aspectos, central à estrutura e função do ecossistema silvipastoril, é o relativo aos efeitos do sombreamento sobre o crescimento da planta forrageira. Sabe-se que, de forma geral, as árvores reduzem a luminosidade disponível para as pastagens que crescem sob suas copas. Todavia, a literatura registra efeitos variáveis dessa restrição ambiental, dependendo tanto da espécie forrageira considerada como do nível de sombreamento imposto pelas espécies arbóreas associadas.

O presente trabalho teve como propósito contribuir com a temática anteriormente exposta, partindo da premissa de que estudos morfo-anatômicos podem contribuir para o melhor entendimento dos processos envolvidos com o crescimento das plantas sob condições de sombreamento.

A hipótese de trabalho foi a de que ambientes diferenciados em termos de radiação solar incidente induzirão respostas diferenciadas na gramínea *Brachiaria decumbens*, tanto no plano da organização celular e tissular, como na própria organização estrutural do relvado. Para testar a validade dessa hipótese, objetivou-se o estudo das respostas anatômicas, morfológicas e produtivas do capim-braquiária, sob condições naturais de pastejo, na presença ou ausência de cobertura arbórea, durante as estações chuvosa e seca, nas condições edafoclimáticas vigentes no biênio 2003/04, na Fazenda Experimental de Coronel Pacheco, MG, da Embrapa Gado de Leite (Embrapa-CNPGL).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Família Poaceae e o Gênero *Brachiaria* spp

A família Poaceae apresenta cerca de 10.000 espécies, agrupadas em aproximadamente 790 gêneros e quarenta tribos (Watson & Dallwitz, 1994). Para o Brasil, são citados 197 gêneros, subdivididos em 25 tribos e cerca de 1370 espécies distribuídas por quase todos os ecossistemas (Clayton & Renvoize, 1986).

O gênero *Brachiaria* é atualmente conhecido taxonomicamente como gênero *Urochloa* (Silva, 2000). Devido a tal mudança, a espécie *B. decumbens* é agora denominada *Urochloa decumbens*. Entretanto, a nomenclatura *B. decumbens* foi utilizada neste trabalho por ser a mais conhecida e continuar sendo usada pelos pesquisadores da área.

O gênero *Brachiaria* spp é constituído por cerca de cem espécies, que têm sua distribuição nas regiões tropicais de ambos os hemisférios do globo, ocorrendo principalmente na África (Sendulsky, 1977). Possuem metabolismo C₄ e elevado potencial de produção de forragem (Rodrigues & Santos, 2002). No Brasil, até hoje foram encontradas 16 espécies deste gênero, das quais cinco são nativas, três foram provavelmente introduzidas há várias décadas, sendo, portanto consideradas como naturalizadas, e sete foram introduzidas recentemente, sendo cultivadas como forrageiras (Sendulsky, 1977). Dessas, as três que têm tido maior difusão na pecuária nacional, são *B. decumbens* Stapf, *B. brizantha* (Hochst) Stapf e *B. humidicola* (Rendel) Schuwnickerdt. De acordo com Assis et al. (2003), somente cinco acessos pertencentes a essas três espécies deram origem aos 20 cultivares liberados em diversos países da América tropical, entre eles o Brasil. Como consequência desse fato, a base genética dos materiais cultivados de braquiária é extremamente estreita, e os conhecimentos adquiridos sobre o gênero estão baseados em poucos genótipos (Assis et al., 2003).

A *Brachiaria decumbens* Stapf, é originária da Região dos Grandes Lagos, em Uganda (África). Essa gramínea foi introduzida no Brasil em 1960, onde se adaptou muito bem, principalmente nas áreas dos Cerrados. A cultivar Basilisk, utilizada no presente trabalho, foi a mais plantada na região dos Cerrados, devido à abundância de sementes e por ser uma das poucas alternativas em termos de forrageira perene para os solos pobres desta região (Macedo, 2005). Além disso, devido a sua tolerância aos estresses abióticos como seca e fogo, ou níveis potencialmente tóxicos de alumínio no solo (Wenzl et al., 2001; Rodrigues & Santos, 2002), alcançou uma ampla difusão, sendo atualmente utilizada na formação de pastagens para bovinos em todo o Brasil (Brito et al., 2004). Segundo Carvalho et al. (1997) e Castro et al. (1999), esta espécie também apresenta tolerância ao sombreamento moderado, sendo utilizada em sistemas silvipastoris.

2.2 O Sistema Silvipastoril

O uso de pastagens como principal fonte de alimento para ruminantes é a alternativa mais barata de alimentação dos rebanhos (Pedreira et al., 2001). Por outro lado, segundo Viana et al. (2002), a produção pecuária é um fator importante no processo de expansão da fronteira agrícola, porém resulta no corte excessivo de árvores. A maior parte da área desmatada dá origem a sistemas agropastoris baseados em monoculturas de variedades melhoradas de espécies forrageiras, cuja viabilidade é dependente em alto grau de fertilização química de restituição e de controle da intensidade de pastejo. A não observância desses fatores por parte dos produtores abre o caminho para os processos de degradação, e seus inevitáveis impactos ambientais negativos, como a erosão dos solos, a fragmentação de

ecossistemas florestais e a perda de biodiversidade, e o aumento da emissão de gás carbônico e outros contribuintes do efeito estufa (Viana et al., 2002).

Os sistemas silvipastoris, os quais são uma modalidade entre os sistemas agroflorestais, se referem às técnicas de produção que integram animais, as pastagens e árvores numa mesma área. Tais sistemas representam uma forma de uso da terra onde as atividades silvícolas e pecuárias podem ser combinadas para gerar produção, de forma complementar, pela interação dos seus componentes (Garcia & Couto, 1997). Com efeito, as árvores presentes nesses ecossistemas podem ser fragmentos de mata nativa, sujeitas à regeneração natural, ou espécies plantadas pelo seu valor econômico. Também se inclui o aproveitamento de áreas reflorestadas com eucaliptos, pinus e outras espécies, com o objetivo principal de produzir madeira, carvão ou celulose (Garcia & Couto, 1997). Dessa forma, o sistema silvipastoril, além de propiciar um manejo ecológico, se constitui numa nova maneira de se obter receitas adicionais na propriedade.

2.3 Contribuição das Espécies Arbóreas

Dentro do sistema silvipastoril, a contribuição do componente arbóreo inclui aspectos antierosivos (conservação de terras e águas), com possibilidades de melhorar a qualidade dos solos e proporcionar abrigo e sombra aos animais, melhorando o seu ambiente térmico (Viana et al., 2002).

A exploração de sistemas silvipastoris implica na escolha de espécies ecológica e economicamente apropriadas às finalidades desejadas (Castro et al., 1999). Nesse sentido, Garcia & Couto (1997) observaram que a quantidade de luz no sub-bosque, necessária para o crescimento do pasto, depende da espécie arbórea, assim como da densidade de plantio e idade das árvores consorciadas, fatores esses, relacionados, de uma ou outra forma, à magnitude do fluxo radiante recebido pelas plantas que crescem sob suas copas.

As árvores também exercem sua influência via ciclagem de nutrientes, uma vez que adicionam nutrientes ao ecossistema, através da deposição de biomassa da parte aérea e da rizociclagem, contribuindo, assim, para um enriquecimento mineral do solo (Carvalho, 2001 e Carvalho et al., 2002). Este último processo pode ser relevante em espécies que possuam sistemas radiculares profundos, capazes de capturar nutrientes em profundidades fora do alcance das raízes das forrageiras (Cadisch et al., 1997). De particular interesse é o papel das leguminosas arbóreas que possuam capacidade para fixar nitrogênio (N) do ar atmosférico, posto que, nas condições comuns de escassez de N no solo, a leguminosa contribuirá à elevação dos níveis desse nutriente sob a forma de matéria orgânica (Carvalho, 2004).

Além disso, os estímulos das árvores à produção de matéria seca das pastagens podem advir de efeitos indiretos do sombreamento na área sob a projeção da copa. A sombra das árvores promove alterações microclimáticas, uma vez que altera os parâmetros do balanço de radiação, resultando em redução da temperatura do ar e do solo, diminuindo assim a demanda evapotranspirativa, e favorecendo um maior teor de umidade no solo (Carvalho, 2001).

2.4 Efeito do Sombreamento Sobre o Ciclo Fenológico das Pastagens

A tolerância ao sombreamento nas espécies herbáceas consorciadas supõe a sua capacidade para crescer à sombra (em relação ao crescimento a pleno sol), e sob a influência de desfolhações regulares (pastejo).

Além do crescimento, o sombreamento afeta o ciclo fenológico da pastagem por meio de sua interferência com o início do florescimento e o número de inflorescências formadas, tal como mostrado por Carvalho et al. (2002), trabalhando com seis gramíneas forrageiras tropicais. Conseqüentemente, alguns trabalhos tem relatado menores produções de sementes em condições de sombreamento (Oliveira & Humphreys, 1986).

Outros estudos têm evidenciado efeitos variados do sombreamento sobre diversos aspectos do valor nutritivo da forragem, como digestibilidade e composição mineral (Castro et al., 1999 e 2001; Paciullo, 2002; Paciullo et al., 2007).

Todavia, como mencionado previamente, a resposta da forrageira em termos de crescimento dependerá dos níveis de sombreamento induzidos pelo sub-bosque. Assim, tem sido observado que em níveis moderados de sombra, o crescimento da gramínea poderá ser até maior do que em pleno sol, devido ao aumento da disponibilidade de N no solo, propiciado pelo ambiente sombreado (Garcia & Couto, 1997; Carvalho et al., 2002).

2.5 Influência da Luz na Estrutura Foliar

A morfologia de uma espécie em uma dada situação é o resultado do processo conhecido como morfogênese (Nabinger & Pontes, 2001). Segundo Gomide (1997), morfogênese é o estudo da origem e do desenvolvimento dos diferentes órgãos de um organismo; este processo pode ser definido como uma sucessão de eventos determinantes da produção, expansão e forma do vegetal no espaço. O crescimento das plantas e, conseqüentemente, a produtividade das pastagens podem ser consideradas fundamentalmente sob alguns aspectos como o perfilhamento e a regulação da área foliar. Estas variáveis são altamente dependentes da interação entre o genótipo e o ambiente (Nabinger & Pontes, 2001). Sbrissia & Silva (2001) afirmam que plantas individuais são sensíveis a variações em condições de ambiente e podem adaptar sua morfogênese através de uma resposta plástica – a chamada “plasticidade fenotípica”.

Estudos morfológicos, anatômicos e bioquímicos se tornam relevantes, especialmente quando associados aos aspectos ecológicos, fisiológicos e evolutivos, possibilitando também a compreensão de diferentes grupos taxonômicos (Metcalf & Chalk, 1979). Alguns autores reconhecem a necessidade de se integrar os conhecimentos morfológicos e anatômicos da planta, associando a bioquímica e fatores ambientais (Carlquist, 1977, 1980).

Vários pesquisadores têm estudado a relação entre fatores ambientais e anatomia vegetal (Nobel, 1980; Napp-Zinn, 1988; Ashton e Berlyn, 1992 ; Paciullo et al., 2002). Entre aqueles que tratam especificamente da influência da quantidade de radiação luminosa incidente sobre a organização histológica, pode-se destacar os trabalhos de Vieira (1995), Smith et al. (1998), Marques et al. (1999) e Terashima et al. (2001).

Para o gênero *Brachiaria* spp. em questão, têm sido realizados vários estudos tais como a alternância de períodos seco e chuvoso sobre a anatomia do colmo e da folha (Paciullo, 2002), ou a caracterização anatômica, relacionada ao valor nutritivo, em diferentes estações de crescimento (Brito, 2004), entre outros. Porém não foram encontrados estudos sobre a influência do fluxo radiante sobre a anatomia das folhas de braquiárias.

A luz exerce influência particularmente importante em processos fisiológicos e metabólicos, assim como na anatomia foliar, considerando os estádios juvenil e adulto das plantas. A intensidade luminosa, além da importância na fotossíntese, tem grande influência sobre a estrutura geral de folhas, caules e raízes. Plântulas desenvolvidas em baixa irradiância fotossintética, em contraste com aquelas em pleno sol, possuem entrenós mais longos, caules mais finos, folhas mais delgadas e sistema radicular menos desenvolvido (Castro et al., 1998). Internamente, essas plantas possuem células parenquimatosas mais volumosas e de paredes mais delgadas, tecidos vasculares com menor número de células e elementos traqueários menos lignificados em relação a plantas expostas a condições de sol pleno (Castro et al., 1998).

O fluxo radiante solar diminui exponencialmente à medida que atravessa o dossel multi-estratificado de um ecossistema florestal (Jackson & Palmer, 1979; Larcher, 2000). O arranjo espacial de folhas e ramos, a sua densidade foliar, e o ângulo de inserção das folhas,

são fatores ligados à estrutura do dossel arbóreo, que contribuem para atenuar e filtrar seletivamente a radiação incidente, modificando qualitativa e quantitativamente a densidade do seu fluxo, conforme atravessa os sucessivos estratos (Martinez-Ramos, 1985; Hopkins, 1995). Desse modo, as plantas precisam se adaptar de acordo com as condições de radiação incidente durante a morfogênese (Larcher, 2000).

Nobel (1980) destacou a influência dos fatores ambientais na anatomia foliar, especialmente durante o desenvolvimento deste órgão, discutindo principalmente os efeitos de luz e temperatura. Estudos conduzidos com gramíneas de clima temperado, com metabolismo fotossintético C_3 , têm mostrado que o fator ambiental que isoladamente tem maior influência sobre a anatomia foliar, é o nível de luminosidade incidente durante o desenvolvimento da folha (Nobel, 1980). Resultados apresentados por esse autor mostraram que o aumento progressivo do nível de irradiância fotossintética durante o desenvolvimento de várias espécies, afetou significativamente a relação entre a área superficial das células mesofílicas em relação à área superficial externa da folha.

Raven et al. (2001) também considera que os fatores ambientais, especialmente a luz, podem ter efeitos substanciais no desenvolvimento do tamanho e da espessura das folhas. Em muitas espécies, folhas que crescem sob altas irradiâncias – as chamadas folhas de sol – são menores e mais espessas do que as folhas de sombra, que se desenvolvem sob baixas irradiâncias. Este fato, por sua vez, tem implicações não somente morfogenéticas, mas também tróficas, na medida em que afeta as taxas de assimilação fotossintética (Reich et al., 1998), e por essa via, as taxas de crescimento dos diversos órgãos do vegetal.

Nobel (1980) revisou resultados de vários autores, os quais mostraram que em várias espécies, tanto com metabolismo de carbono C_3 ou C_4 , aumentos na espessura das folhas, ou dos tecidos mesofílicos, correlacionaram-se positivamente com aumentos da taxa fotossintética. Segundo Bolhar-Nordekampf & Draxler (1993), a anatomia foliar pode influenciar a fotossíntese líquida e desse modo, causar grandes diferenças na eficiência do uso da luz. Em experimentos com plantas de *Lolium perenne*, selecionadas para menor tamanho de célula mesofílica, Nobel et al. (1980) verificaram que a taxa fotossintética relacionou-se negativamente com tamanho das células, indicando que um aumento da área foliar interna pode aumentar a assimilação líquida de CO_2 . Reich et al. (1998) testaram a hipótese de que a resposta da taxa fotossintética à variação do teor de N nas folhas, está modulada pela estrutura foliar, mais especificamente pela área foliar específica (AFE, superfície da lâmina foliar por unidade de massa seca foliar). De acordo com esses autores, variações na AFE dependem de variações em densidade (massa seca por unidade de volume foliar) ou em espessura da folha. Larcher (2000) afirma que as plantas que crescem sob forte radiação desenvolvem um sistema de ramos vigoroso, suas folhas têm várias camadas de células no mesofilo, são ricas em cloroplastos e possuem uma densa venação. Em consequência disso, seu metabolismo se torna mais ativo, apresentam maior produção e maior conteúdo energético.

As adaptações ou modificações anatômicas foliares decorrentes de níveis variados de luz e sombra têm sido relacionadas a processos vitais, como fotossíntese e transpiração, implicando, então, a eficiência com a qual a planta usa a água disponível para o seu crescimento. Assim, é possível supor que estudos morfo-anatômicos em gramíneas forrageiras possam contribuir para o melhor entendimento dos processos envolvidos com o seu crescimento e produtividade, dentro das condições distintas dos ambientes de pecuária silvipastoril.

Além dos fatores ligados à estrutura anatômica interna das folhas, também é importante o estudo das características morfológicas da superfície foliar, na medida em que elas influenciam variáveis como a quantidade de luz absorvida ou refletida pela folha, a transpiração estomática e cuticular, além de estarem envolvidas nos mecanismos de defesa

contra parasitas e patógenos (Martin & Juniper, 1970). Além disso, tais estudos fornecem subsídios à taxonomia vegetal (Stace, 1965).

Estudos em ambientes controlados têm mostrado que para um dado nível de irradiância fotossintética, a temperatura afeta, independentemente, a morfologia foliar. Em geral, aumentos de temperatura determinam reduções em espessura foliar (ou aumentos em área foliar específica), assim como também no tamanho das células individuais (Nobel, 1980). Para uma dada geometria de empacotamento celular, uma redução do tamanho das células conduz a um aumento da superfície interna da folha (superfície das células mesofílicas) em relação à superfície externa da folha (Nobel, 1980). O mesmo efeito é observado em resposta à redução do potencial hídrico do solo. A redução da área foliar, do número e/ou tamanho das células e da taxa de alongação celular são respostas mais ou menos universais em plantas submetidas à deficiência hídrica. (Hsiao et al., 1976).

Sob condições naturais de campo, os estresses por deficiência hídrica e por altas temperaturas estão sempre relacionados, especialmente em situações onde a temperatura do ar é controlada quase totalmente pelo balanço de radiação local (Dennet, 1984). Conforme se reduz a parcela da radiação líquida disponível utilizada em evapotranspiração (em função do progressivo dessecamento do solo), essa radiação não utilizada propicia o sobreaquecimento do ar, do solo e da própria vegetação. Mesmo em regiões com alternância de estação seca e úmida bem definida, é comum a ocorrência de períodos secos dentro da estação chuvosa, com mais frequência entre os meses de dezembro e fevereiro. Já durante a estação seca, ocorre um declínio da temperatura média do ar, entre os meses de março a julho, como reflexo dos menores níveis de radiação solar incidente. Por outro lado, deve ser considerado que as feições topográficas e a face de exposição em terrenos declivosos são fatores locais importantes na determinação da amplitude de variação nas temperaturas do ar (Dennet, 1984).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da Área Experimental

O experimento foi realizado no Campo Experimental de Coronel Pacheco, Minas Gerais (Figura 1), zona de influência da Mata Atlântica, pertencente à Embrapa Gado de Leite, em área de Latossolo Vermelho-Amarelo, de baixa fertilidade natural, em um sistema silvipastoril, instalado em terreno de topografia montanhosa, com declividade de aproximadamente 30%.



Figura 1. Campo experimental da Embrapa Gado de Leite.

O município de Coronel Pacheco (Figura 2), cuja ocupação econômica é basicamente a agropecuária, pertence à Zona da Mata Mineira, e está situado a $21^{\circ} 33' 22''$ de latitude sul e $43^{\circ} 06' 15''$ e longitude oeste, com altitude de 426 metros acima do nível do mar (Figura 2).

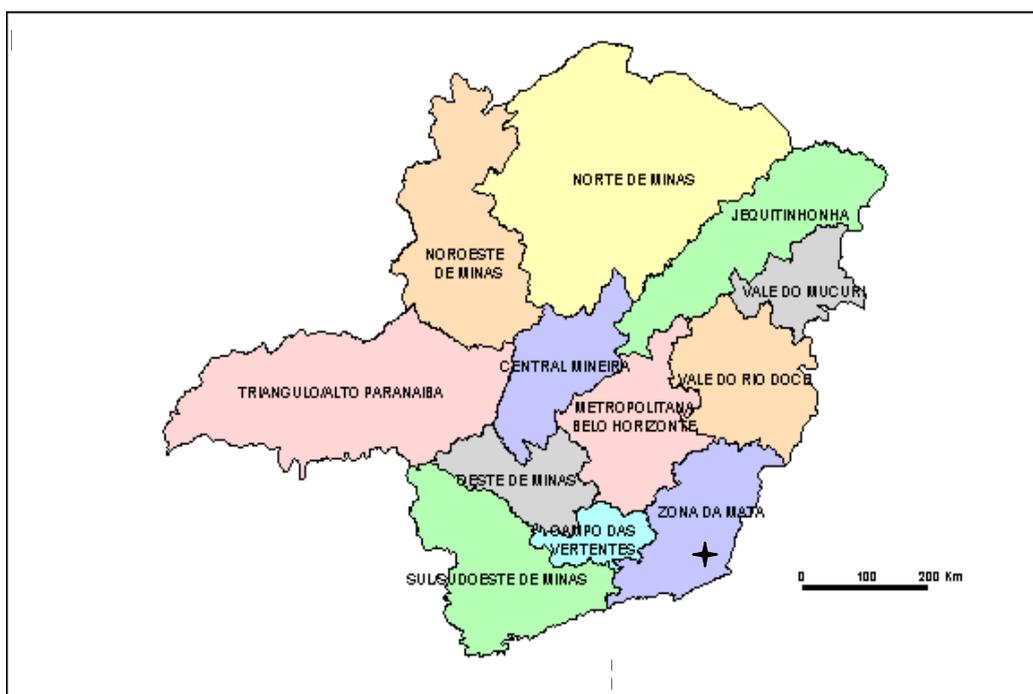


Figura 2. Localização do município de Coronel Pacheco (MG), Fonte: Mapa geopolítico de Minas Gerais - ICA/CETEC – 1994.

3.2 Solo e Clima

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo. Amostragens feitas na camada superficial (0-0,2 m) previamente à iniciação dos trabalhos indicaram as propriedades mostradas na Tabela 1.

Tabela 1. Propriedades do solo em pastagens de *B. decumbens*, em amostras feitas na profundidade de 0-20 cm sob as copas das árvores (sombra) e a pleno sol (médias de duas épocas de amostragem).

Características do Solo	Ambiente	
	Sol	Sombra
P (mg/dm ³)	4,69	7,65
Ca (cmol _c /dm ³)	0,39	0,77
Mg (cmol _c /dm ³)	0,34	0,60
K (cmol _c /dm ³)	0,18	0,33
M.O. (%)	3,02	3,70

O clima da região é do tipo Cwa (mesotérmico) de acordo com a classificação de Köppen, vigorando claramente duas estações: a “estação seca”, entre os meses de abril a setembro, com precipitação e temperatura média de 60 mm e de 17°C respectivamente, e a “estação chuvosa” (período “das águas”), entre os meses de outubro a março, com chuvas médias de 230 mm/mês e temperatura média do ar em torno de 24°C. Nesse período concentram-se entre 80-90 % da precipitação anual, de 1600 mm. A Tabela 2 apresenta maiores informações sobre os registros médios mensais durante o período experimental (janeiro 2003/dezembro 2004), registrados no posto meteorológico de Coronel Pacheco.

3.3 Características da Pastagem

A pastagem em estudo foi formada em novembro de 1997, com a gramínea *Brachiaria decumbens* estabelecida em faixas de 30 metros de largura, alternadas com faixas de 10 metros, estabelecidas em nível, plantadas com as espécies arbóreas *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium*. As mudas das árvores foram plantadas no espaçamento de 3 X 3 m. Antes do plantio, em novembro de 1997, aplicaram-se nas faixas de 30 m, que seriam introduzidas com a braquiária, 1.000 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico, 600 kg ha⁻¹ de fosfato de Araxá, 25 kg ha⁻¹ de superfosfato simples, 100 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio e 30 kg ha⁻¹ de FTE BR-16 (Paciullo et al., 2007).

A área foi dividida em seis piquetes de 0,5 há e submetida a pastejo de novilhas, segundo o método de lotação rotacionada, com período de ocupação dos piquetes de sete dias e de descanso de 49 dias no período da seca e 35 dias na época das águas (Figura 3).

3.4 Coletas e Variáveis Analisadas

Foram avaliados os efeitos de dois ambientes em termos de irradiância solar recebida: a) a descoberto, ou radiação solar plena (Sol); b) protegido, ou sob sombreamento natural de árvores (Sombra). Essas duas principais fontes de variação foram analisadas na sua interação com as duas estações climáticas da região: a) seca; b) chuvosa. Foram realizadas quatro coletas, sendo duas na estação seca e duas na estação das águas.

Um piquete medindo 5.000 m² foi estratificado em doze áreas de mesmo tamanho, sendo seis na faixa sem árvores e seis na faixa com árvores.

Em cada época de amostragem foi seguido um mesmo procedimento para a coleta e processamento do material vegetal.

a) Em cada parcela de 416 m², foram coletadas duas amostras com auxílio de um quadrado de 0,5 m de lado (0,25 m²). A forragem contida em cada quadrado foi cortada a cinco centímetros do nível do solo e levada ao laboratório.

b) Manuseio e separação do material coletado: numa bancada, na sombra, o material foi separado manualmente em verde e morto, de capim-braquiária. No material verde, era feita a contagem do número total de perfilhos existentes na amostra. Desse total, foram separados 10 perfilhos por amostra. O material verde foi subseqüentemente fracionado nos componentes: lâmina foliar e colmo + bainha. A seguir, o peso da massa fresca de cada componente, foi registrado.

c) As lâminas foliares de 60 perfilhos combinados (10 perfilhos/repetição), tiveram o seu comprimento máximo medido com régua graduada e suas áreas medidas com auxílio de um medidor de área LICOR, modelo LI 3000.

d) Uma outra sub-amostra de cada componente foi levada a estufa ventilada, para secagem (65°C) e posterior registro do peso da massa seca (MS).

A partir desses dados foi possível calcular ou estimar as seguintes variáveis: área foliar média por folha (AF, cm²/folha); número médio de folhas por perfilho, densidade populacional de perfilhos (DPP, perfilho m²), massa verde de lâmina foliar, massa seca de lâmina foliar, massa verde de colmo, massa seca de colmo, massa seca total.

Tabela 2. Dados climáticos durante o período experimental em Coronel Pacheco, MG.

Mês/ano	Temperatura do ar (°C)			Chuva (mm/mês)	Insolação (hora/dia)
	Máxima	Mínima	Média		
Agosto/2003	24,6	10,4	16,7	40,2	5,9
Setembro/2003	26,6	14,4	19,7	114,2	5,4
Outubro/2003	27,9	15,8	21,1	136,0	6,1
Novembro/2003	28,4	18,2	22,7	342,3	4,5
Dezembro/2003	29,6	19,7	23,9	293,0	4,5
Janeiro/2004	28,5	19,4	23,4	349,5	4,2
Fevereiro/2004	28,7	19,4	23,0	418,9	3,7
Março/2004	28,8	18,5	22,7	215,4	6,4
Abril/2004	27,6	18,4	22,2	152,9	5,3
Mai/2004	25,4	14,9	19,3	31,4	4,9
Junho/2004	24,3	12,2	17,1	39,2	5,7
Julho/2004	23,4	12,6	16,8	33,9	5,1
Agosto/2004	26,0	11,1	17,7	0,2	8,0
Setembro/2004	28,2	14,1	21,2	1,7	7,9
Outubro/2004	27,3	17,2	22,3	2,8	4,1
Novembro/2004	28,1	17,9	23,0	194	5,4
Dezembro/2004	28,1	19,6	23,9	480	3,8

Fonte: Posto meteorológico do Campo Experimental de Coronel Pacheco (Embrapa Gado de Leite).



Figura 3. Sistema silvipastoril, Coronel Pacheco – MG.

A partir dessas determinações básicas foram estimadas quatro importantes características da pastagem: relação folha/colmo (F/C); Área Foliar Específica (AFE, cm^2/g) e Índice de Área Foliar (IAF, m^2 folha/ m^2 terra); e massa de forragem (MF, kg MS/ha).

3.5 Medição da Radiação Incidente

As medições de radiação efetuadas referem-se à radiação fotossinteticamente ativa (RFA), que corresponde à banda visível do espectro solar ($\lambda = 400 - 700 \text{ nm}$). As medições foram feitas com auxílio de um sensor de “quantum” (modelo LI-190SA) conectado a um radiômetro portátil (LI-COR, modelo LI-189, Quantum- Radiometer- Photometer) (Figura 4), onde as leituras instantâneas são expressas em unidades de densidade de fluxo de fótons fotossintéticos ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). As medições foram feitas dentro do quadrante utilizado para avaliação da massa de forragem existente, prévio ao corte do material fresco (Figura 4), em duas posições: na superfície do solo e no topo do dossel, a efeitos de calcular a percentagem de interceptação da RFA. Em cada posição foram feitas oito leituras sequenciais, de forma automática, como forma de reduzir a variabilidade espacial associada às determinações do fluxo fotossintético. Somente puderam ser realizadas leituras na primeira data de amostragem, já que as condições do tempo (nublado/ chuvoso) encontradas nas outras datas, impediram a realização dessas medições.

3.6 Estudos de Anatomia Foliar

Esses estudos foram realizados no Laboratório de Anatomia Vegetal, Departamento de Botânica do Instituto de Biologia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

3.6.1 Coletas

Em cada parcela, foram colhidos cinco perfilhos, dos quais foram amostrados a penúltima lâmina foliar e o segmento de colmo associado. Imediatamente após a sua coleta, as frações (lâmina e colmo) foram fixadas em F.A.A. (formaldeído, ácido acético glacial e etanol 50 %, 1:1:18, preparado na hora do uso) (Johansen, 1940).

3.6.2 Montagem de lâminas

Para confecção de lâminas semi-permanentes, segmentos de colmos e lâminas foliares foram seccionados ao micrótomo de Ranvier, segundo plano transversal, ao nível do terço médio. Os cortes foram clarificados com hipoclorito de sódio, lavados em água destilada e neutralizados em água acética a 1:500, e novamente lavados.

A coloração utilizada foi o azul de astra, 1%; e safranina, 1% , diluídos em água (Bukatsch, 1972). Após este procedimento, as secções foram montadas em glicerina a 50% (Strasburger, 1924) e as lâminas lutadas com esmalte incolor.

Para observação das epidermes em vista frontal, esses tecidos foram dissociados mecanicamente, através da raspagem até atingir a epiderme oposta, no terço médio da lâmina foliar. Subseqüentemente, o material foi corado com safranina aquosa 1% e posteriormente montado em glicerina a 50%.

Para a classificação dos estômatos foi utilizado o método de Van Cotthem (1970). Foram realizadas 25 contagens dos estômatos para cada folha (sol e sombra), ao nível do terço médio da região intercostal, para a determinação da densidade estomática (expressa como if^2 de estômatos mm^{-2}), calculando-se a média aritmética, o desvio padrão e o grau de significância pelo teste “t”. As contagens foram realizadas com auxílio de câmara clara acoplada a um microscópio Wild M20.



Figura 4. Medição de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) ao nível do solo.

As mensurações dos elementos celulares foram efetuadas com o auxílio de ocular micrométrica acoplada a um microscópio Olympus CH30, num total de 25 contagens e calculando-se a média aritmética, o desvio padrão e o grau de significância pelo teste “t” de Student.

As fotomicrografias foram obtidas no microscópio EX41, provido de um equipamento fotográfico (câmara NIKON Coolpix 4300) e as escalas ampliadas sob as mesmas condições ópticas.

3.6.3 Testes Histoquímicos

Foram efetuados testes histoquímicos em materiais recém-coletados, seccionados ao micrótomo de Ranvier. Para evidenciar gotas lipídicas e reconhecer as paredes cutinizadas e suberificadas utilizou-se Sudan IV a (Foster, 1949); solução alcoólica de floroglucinol, em meio ácido (HCl 37%), para evidenciar lignina nas paredes celulares (Johansen, 1940); e cristais de fenol e óleo de cravo para evidenciar sílica (Johansen, 1940).

3.7 Análises Estatísticas

Foi adotado o delineamento experimental de blocos completos casualizados com arranjo fatorial 2 x 2, com seis repetições.

Os dados referentes às variáveis analisadas foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste F ($P < 0,05$), utilizando-se o programa para análises estatísticas SAEG – Sistema de Análise Estatísticas e Genéticas (Universidade Federal de Viçosa – UFV, 2000) versão 9.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização dos Níveis de Radiação Fotossinteticamente Ativa entre Ambientes

A caracterização do ambiente luminoso se deu através da análise da incidência e transmissão da radiação fotossinteticamente ativa (RFA, 400-700 nm), tanto entre as duas condições principais (pastagens sob luz plena ou sob a sombra projetada pela vegetação arbórea), como dentro da própria faixa de pastagem arborizada. Na Figura 5 são mostrados os valores registrados nas parcelas que receberam sol pleno, por ocasião da primeira amostragem, em setembro de 2003, considerado representativa do final da estação seca.

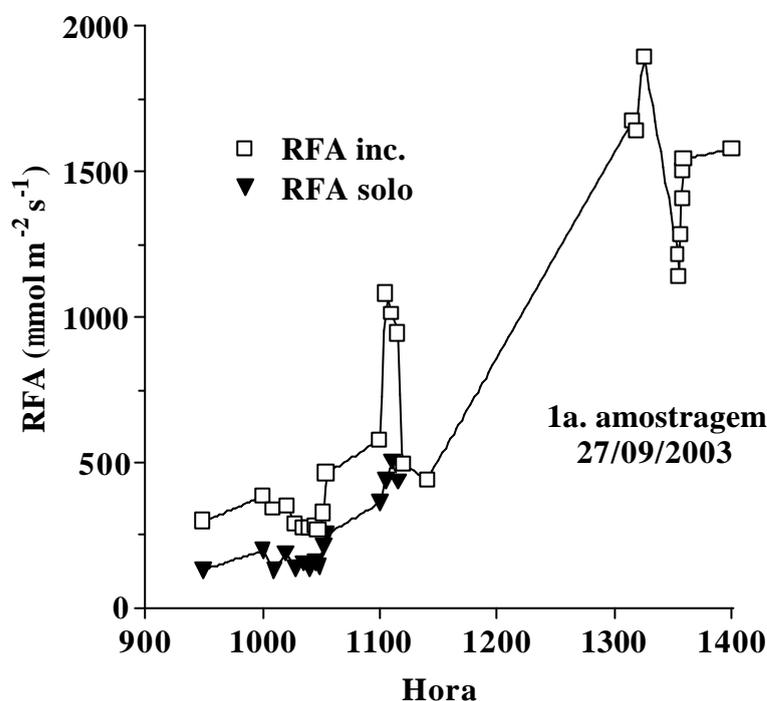


Figura 5. Variação da RFA incidente, acima do relvado de *B. decumbens* e ao nível do solo, em parcelas sem cobertura arbórea (Coronel Pacheco, MG, setembro de 2003).

As condições meteorológicas locais, no dia em que foram feitos os registros, não foram propícias, já que durante o horário da manhã, o céu manteve-se nublado, com sol parcialmente encoberto, registrando-se ainda chuvas esporádicas. Por essa razão, houve pouca diferença entre os níveis de irradiância fotossintética, medidos imediatamente acima do relvado, ou a nível do solo, os quais foram bastante baixos ($250\text{-}500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), sendo produto de radiação exclusivamente difusa. A partir do meio dia, a transparência atmosférica melhorou, por dissipação de nebulosidade, e a partir das 13 horas, os níveis de radiação incidente atingiram valores correspondentes ao dia de céu claro ($> 1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), para a hora do dia, latitude e exposição de encosta correspondente ao local experimental. Aproveitando tal condição, foram realizadas medições em seis pontos de um “transect”, partindo de uma cota inferior, à jusante da faixa do bosque, até a projeção da sombra das copas, a montante da faixa.

Foram feitas seis medições, que indicaram os seguintes valores : posição 1 (pleno sol) - 1897; posição 2- 1574; posição 3- 1048; posição 4- 705; posição 5- 452 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, como

mostra a Figura 6, e na última posição do “transect”, correspondente à projeção da sombra da faixa arbórea (não mostrada na Figura 6), $228 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Com base nesses dados foram calculadas as porcentagens da radiação incidente transmitida através dossel arbóreo, na direção morro acima (Figura 7).



Figura 6. Distribuição da irradiância fotossintética a jusante da faixa arborizada. Os números indicam posições de amostragem: **1:** Junto à cerca do piquete; **2:** Na borda exterior da faixa; **3:** Ao pé e à fente de uma árvore; **4:** Atrás de uma árvore podada em área sombreada; **5:** No espaçamento entre uma acácia (não vista na Figura) e outra árvore a jusante. Repare no “mosaico” formado pela projeção da sombra dos troncos e a radiação transmitida pelas copas. Os dados foram obtidos no dia 29 de setembro de 2003 entre 13:20-13:25, hora local.

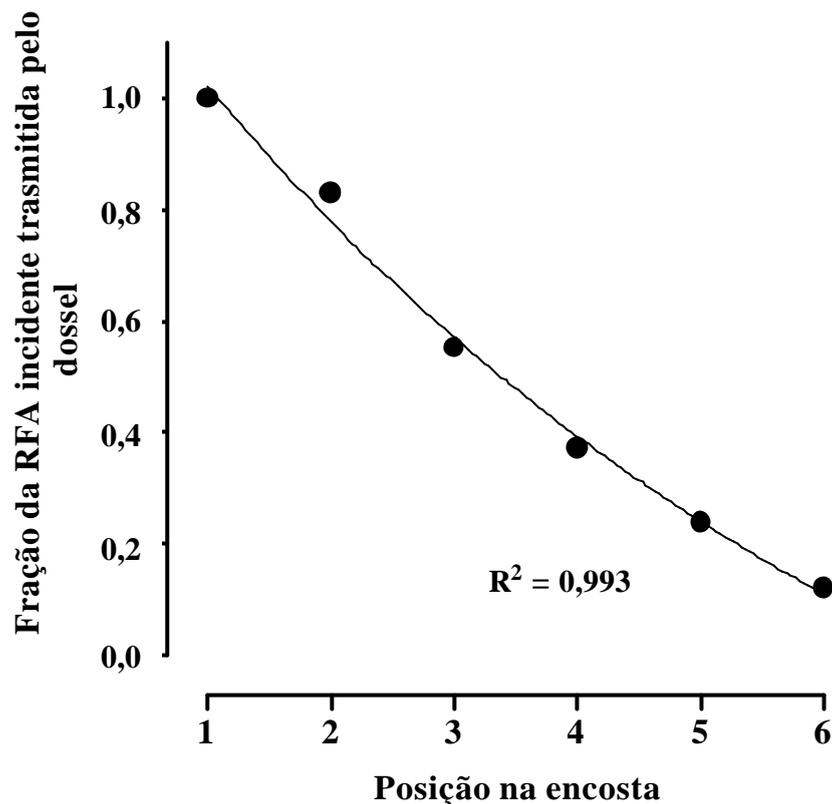


Figura 7. Fração da densidade de fluxo de RFA transmitida pelo dossel arbóreo de *E. grandis* e *A. mangium*, consorciado com *B. decumbens* em sistema silvipastoril (Coronel Pacheco, MG, setembro de 2003).

Os dados constantes na Figura 7 mostram que a transmissão da RFA através do dossel arbóreo declinou exponencialmente, e que as pastagens que estavam a montante do bosquete, na projeção da sombra da faixa arbórea, ao início da tarde, recebiam apenas 12 % de RFA das que estavam expostas a pleno sol, a jusante.

O efeito da cobertura arbórea na redução da radiação incidente foi, em média, da ordem de 69,5 %, de acordo a essas medições, tomadas entre as 13:20 e 13:25 horas (Figura 6). Por outro lado, a média dos registros obtidos no período 11:00 – 11:10, nas parcelas sem cobertura, foi de $1011 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Figura 6), enquanto que nas parcelas com cobertura foi registrado um valor médio de $258 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, o que indica uma atenuação da ordem de 74,5%

Tomados em conjunto, esses dados mostram que a distribuição espacial da radiação solar incidente é variável ao longo do dia, e é produto de uma complexa interação de fatores como a elevação solar (hora do dia), o dia do ano, e a declividade do local, além da proporção de RFA acima do relvado que é direta ou difusa (Norman & Arkebauer, 1991).

Como já mencionado, desafortunadamente, este tipo de análise não pode ser repetido nas outras datas de amostragem, devido às más condições meteorológicas. Todavia, serve para mostrar a existência de uma graduação entre os ambientes, indicando que a tipificação dos tratamentos como “sombra” ou “sol”, não deve ser entendida como uma transição brusca entre ambientes. Por outro lado, é verdade que o sombreamento intenso pode ser fator limitante à produção de forragem (Castro et al., 1999).

4.2 Efeitos Sobre a Morfologia, o Crescimento e a Produtividade da Pastagem

4.2.1 Sol vs. sombra

Na Tabela 3 são apresentados os valores correspondentes às características estruturais e produtivas do capim-braquiária nos dois ambientes definidos pelo nível de irradiância solar incidente. Esses valores são médias independentes das estações de crescimento.

Os níveis de irradiância apenas não influenciaram ($P < 0,05$) o comprimento da lâmina foliar. O ambiente a pleno sol influenciou a altura média de plantas (+ 19 %), matéria seca de folhas (+ 64%), a matéria seca de colmos (+ 48 %), a área foliar específica (+ 52 %), densidade populacional de perfilhos (+ 50 %), o índice de área foliar (+ 73 %) e a massa de forragem (+ 34 %), em relação ao ambiente de sombra. Maiores valores de matéria seca de folhas a pleno sol, foram observados também por Gautier et al.. (1999), Gomide (1997) e Paciullo et al.. (2004).

A pastagem de braquiária exposta ao sol teve, portanto, uma maior relação folha/colmo (0,75 vs. 0,68), folhas mais finas por unidade de MSF (maior AFE) e maior densidade de perfilhos, o qual teve reflexo direto no IAF. Provavelmente, esse IAF coletou uma maior quantidade de fótons fotossintéticos por unidade de superfície, explicando assim maior produção de forragem obtida no ambiente sem cobertura vegetal.

O crescimento de uma pastagem deve ser entendida como a integração de dois sub-modelos: um sub-modelo trófico, que permite descrever a oferta em carbono através dos fenômenos de interceptação da radiação solar, da fotossíntese e da respiração e um sub-modelo morfogênico, que descreve a demanda em carbono das partes aéreas (Nabinger e Pontes, 2001). Dessa forma, em certo ponto, a taxa de crescimento pode ser limitada tanto pelo suprimento de assimilados fotossintéticos, pelas reservas de plantas ou pelo número, tamanho e atividade dos pontos de crescimento.

A intensidade de luz pode ser considerada o fator ambiental mais limitante na dinâmica de perfilhamento em gramíneas, posto que para a grande maioria das espécies, as intensidades luminosas afetam o perfilhamento: altos níveis o estimulam ao passo que, em baixos níveis, o crescimento das gemas axilares e basais é reduzido (Robson et al., 1988). Então, o grande aumento observado em DPP sob sol pleno (Tabela 3) é justamente a confirmação desse efeito da radiação solar. Por outro lado Sbrissia & Silva (2001) verificaram que a competição por luz pode levar a morte de perfilhos em pastagens com densidades populacionais elevadas, como no caso das plantas que se encontram sob condições de sombreamento.

Nem todos os resultados obtidos concordaram com as tendências descritas na literatura. A área foliar específica (AFE) é um parâmetro frequentemente utilizado para caracterizar as respostas vegetais a regimes diferenciados de luz e sombra. A regulação da AFE é um mecanismo compensatório que permite, dentro de certos limites, a adaptação das plantas ao sombreamento: o aumento da área foliar obtido através da redução da espessura foliar permite a absorção de uma quantidade maior de RFA incidente de baixa intensidade. De acordo com esse comportamento, deveria ser esperado que as plantas sob cobertura arbórea mostrassem uma maior AFE em relação as plantas de sol, conforme já documentado em outras pesquisas com plantas forrageiras (Garcia & Couto, 1997). Por exemplo no estudo de Paciullo et al. (2007) utilizando o mesmo sistema silvipastoril do presente trabalho, os valores de AFE obtidos nos dois anos de observação (2003-2004), sempre foram maiores na pastagem sob sombreamento arbóreo.

Tabela 3. Altura; massa seca de lâmina foliar (MSF) e de colmos (MSC); área foliar por folha (AF), comprimento da lâmina foliar; área foliar específica (AFE), densidade populacional de perfilhos (DPP), índice de área foliar (IAF) e massa de forragem (MF) do relvado de *B. decumbens*, em ambiente sob insolação direta (Sol) e sob cobertura de árvores (Sombra). Os dados são médios de seis repetições e quatro épocas de amostragens.

Atributo	Ambiente		CV (%)
	Sol	Sombra	
Altura (m)	0,407 a	0,342 b	17,07
MSF (g/m ²)	40,17 a	24,43 b	25,53
MSC (g/m ²)	52,89 a	35,78 b	32,47
AF (cm ² /folha)	13,20 b	15,09 a	19,77
Comprimento (cm/folha)	16,39 a	17,28 a	11,63
AFE (cm ² /g MS folha)	241,73 a	158,54 b	21,27
DPP (perfilho/m ²)	596,25 a	396,50 b	17,32
IAF	2,72 a	1,57 b	22,97
MF (kg/ha)	1400,81 a	1042,78 b	28,44

(*) Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem estatisticamente pelo teste “F”, ao nível de $p < 0,05$.

A regulação da altura das plantas parece atuar na mesma direção da AFE, enquanto mecanismo compensatório. Assim, Castro et al. (1999) relatam resultados de diversas pesquisas que indicam que, o cultivo de várias espécies de gramíneas forrageiras sob diferentes níveis de redução da intensidade luminosa resultou em plantas mais altas e com colmos mais longos. No presente caso o resultado mostrado é oposto: o relvado foi mais alto sob condições de sol pleno. Todavia, níveis acentuados de redução na luminosidade ambiental podem resultar em plantas com menor estatura (Castro et al.. 1999).

As explicações para esse tipo de resultados, em aparente contradição com os constantes na literatura, são duas: ou bem se trata de erros amostrais ou de processamento das amostras, ou então se trata de respostas reais, porém que não foram adequadamente documentadas enquanto ao regime de RFA na qual foram obtidas. A Figura 6 sugere que a distribuição espacial do ambiente sombreado no sub-bosque mostra certo nível de micro-variabilidade. Por outro lado, é interessante observar que a evidência anatômica que será apresentada adiante não apóia o resultado da avaliação morfológica, no relativo a AFE: as lâminas das folhas de sombra mostraram espessura menor do que as lâminas de sol (Figura 10 C e D), foram menos volumosas e com menor área seccional de mesofilo.

4.2.2 Seca vs. águas

As estações de crescimento influenciaram ($P < 0,05$) todos os atributos medidos na pastagem excetuando-se a matéria seca do colmo (Tabela 4). A estação chuvosa, compreendida entre os meses de outubro a março, influenciou positivamente o crescimento em altura (+ 17 %); o tamanho da folha (+ 25 % em comprimento e + 57 % em área da lâmina), assim como estimulou o perfilhamento (+ 11 % em DPP), a produção de IAF (+ 83 %), e, como consequência, a produção forrageira (+ 71 %).

Esse padrão de comportamento das plantas de *Brachiaria decumbens* durante o período experimental reflete a maior disponibilidade dos fatores de crescimento como radiação fotossinteticamente ativa, temperatura e umidade do ar e do solo durante o período das águas (Tabela 2). Davies (1988) demonstrou que além da massa de forragem ser menor no inverno (estação seca), há também, uma redução do número de perfilhos.

Deve-se considerar que plantas sob déficit hídrico sofrem mudanças em sua anatomia, fisiologia e bioquímica, com intensidade que depende do tipo de planta e do grau de duração do déficit hídrico (Kramer, 1983). Um dos efeitos primários de deficiência hídrica é uma redução na taxa de alongação foliar, a valores de potencial hídrico que não afetam as taxas de fotossíntese. Dessa forma, mesmo uma deficiência hídrica ligeira pode afetar a produtividade fotossintética da pastagem, via redução do IAF, sem redução da condutividade estomática (Hsaio et al., 1976). Guenni et al.. (2002) estudaram a resposta de cinco espécies de *Brachiaria* em períodos secos curtos como o que caracterizam os chamados “veranicos” dentro da estação chuvosa. Entre as espécies testadas, a *B. decumbens* mostrou indicadores intermediários de tolerância à seca, quando comparada com *B. mutica*, *B. brizantha*, *B. humidicola* e *B. dictyoneura*.

Um aspecto que surge da comparação das Tabelas 3 e 4 é que, em termos gerais, o aumento da disponibilidade hídrica sazonal parece ter um efeito bem maior (+ 71 %) sobre a produtividade da pastagem do que o aumento da disponibilidade sazonal de RFA (+ 34 %).

Tabela 4. Altura, matéria seca de lâmina foliar (MSF) e de colmos (MSC), área foliar por folha (AF), comprimento da lâmina foliar, área foliar específica (AFE), densidade populacional de perfilhos (DPP), índice de área foliar (IAF) e massa de forragem (MF) do relvado de *B. decumbens*, em diferentes estações de crescimento (águas e seca), independente do regime de luz. Os dados são médias de seis repetições e quatro épocas de amostragens.

Atributo	Estação		CV (%)
	Seca	Águas	
Altura (m)	0,345 b	0,405 a	17,07
MSF (g/m ²)	34,92 a	29,68 b	25,53
MSC (g/m ²)	40,31 a	48,35 a	32,47
AF (cm ² /folha)	11,03 b	17,27 a	19,77
Comprimento (cm/folha)	14,96 b	18,72 a	11,63
AFE (cm ² /g MS folha)	183,35 b	216,93 a	21,27
DPP (perfilho/m ²)	471,08 b	521,66 a	17,32
IAF	1,51 b	2,77 a	22,97
MF (kg/ha)	899,99 b	1543,0 a	28,44

(*) Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem estatisticamente pelo teste “F” (P < 0,05).

4.3 Caracterização Anatômica do Colmo e da Lâmina Foliar de *B. decumbens*

4.3.1 Colmo

O colmo de *B. decumbens* (Figura 8), em seção transversal, apresenta contorno circular-elíptico. A epiderme é uniestratificada com cutícula delgada, constituída por células tetraédricas com paredes espessas e lignificadas. Apresenta estômatos em forma de haltere,

característicos das gramíneas (Esaú, 1998). Encontra-se presente também o parênquima clorofiliano sub-epidérmico, composto de 3-4 camadas de células de contorno circular, interrompidas pelas fibras do feixe que se estendem até a epiderme, como descrito por Metcalfe (1960) para o gênero *Brachiaria*.

O periciclo se dispõe de um anel de fibras que circunda todo o colmo e envolve os feixes vasculares; em alguns pontos as fibras estendem-se até a epiderme como também acontece na lâmina foliar, formando as chamadas estruturas “girder”.

Os feixes vasculares são do tipo colateral e encontram-se dispostos em dois círculos. O córtex é composto por um parênquima do tipo fundamental e possui fístula característica comum presente na maioria das gramíneas (Figura 8) (Metcalfe, 1960).

Não foi encontrada diferença entre os ambientes de sol e sombra.

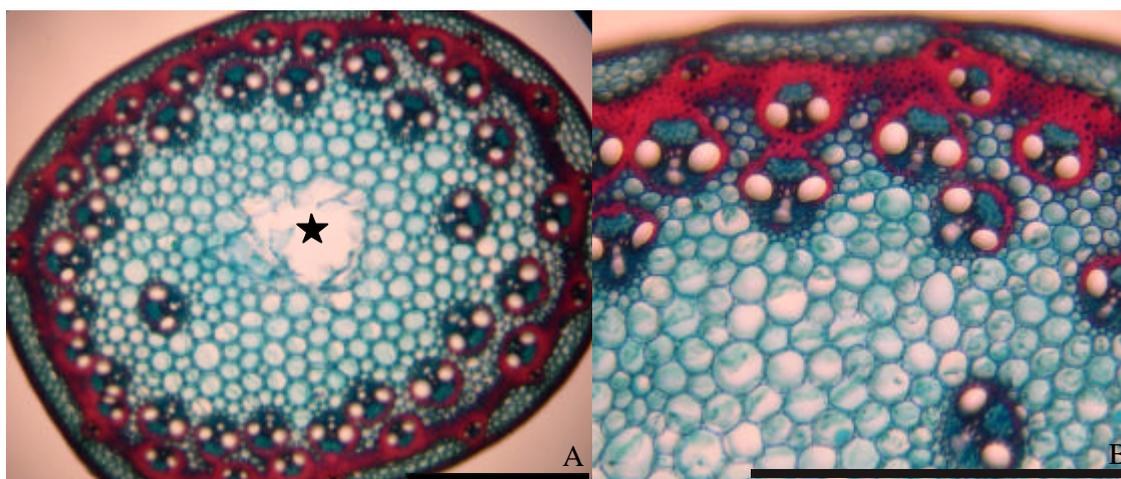


Figura 8: Vista transversal do colmo (A), evidenciando fístula (★) e anel fibroso. Em B, detalhe dos feixes condutores e estruturas “girder”. Escala da barra = 50 μ m.

4.3.2 Epiderme

As células epidérmicas das faces abaxial e adaxial da folha de *B. decumbens*, em vista frontal, apresentam paredes anticlinais sinuosas (Figura 9). Na folha de sombra, essa sinuosidade se expressa em maior grau, enquanto que, na folha de sol, as células de ambas as faces da epiderme, apresentam paredes com menor grau de sinuosidade (Figura 9).

Segundo Cutter (1986), por manter contato direto com o ambiente, a epiderme está sujeita a modificações estruturais em decorrência de vários fatores ambientais. Gomes (1992) destaca que o contorno das paredes anticlinais das células epidérmicas pode sofrer influências do ambiente, principalmente da luz. De acordo com Wilkinson (1979) a hipótese mais aceita sobre as causas do traçado parietal das células epidérmicas refere-se às influências ambientais, visto que a sinuosidade parietal é mais acentuada nas plantas que se desenvolvem à sombra, enquanto as de sol têm paredes retas ou quase retas. Wylie (1943) ressalta que a sinuosidade parietal aumenta a área de contato entre as células epidérmicas.

Em vista frontal, é possível a observação de células silicificadas em forma de haltere (corpos silicosos, característicos nas Poáceas), em fileiras costais intercaladas com células suberosas (Figura 9). Entre essas fileiras acham-se de 6 a 8 camadas de células fundamentais da epiderme e estômatos. Metcalfe (1960) diz que é comum a presença de corpos silicosos no gênero *Braquiaria*.

Em seção transversal, as células epidérmicas, em ambas as faces apresentam formato tabular. A epiderme é uniestratificada e recoberta por uma fina camada de cutícula (Figura 10). A folha é anfiestomática, apresentando estômatos em forma de haltere, característicos das gramíneas (Esaú, 1998) (Figura 9). Observa-se assim mesmo a presença de células anexas triangulares, ocorrência também registrada por Monteiro & Pace (1984) estudando a gramínea *Axonopus compressus*.

Os estômatos localizam-se ao mesmo nível das demais células epidérmicas. As densidades estomáticas, tanto da face adaxial quanto na abaxial não diferiram entre si, nem foram influenciadas pelas diferenças em irradiância solar em ambos os ambientes ($P > 0,05$) (Tabela 5).

As células buliformes (Figura 11) estão organizadas em grupos regulares e bem definidos (3 a 5 células), e aparecem marcadamente maiores e volumosas, em relação às células epidérmicas comuns. Organizam-se em forma de leque, com uma célula central maior. Encontram-se ligeiramente abaixo do nível das demais células, formando um sulco. Ocorrem em toda a lâmina foliar e podem ser encontradas em ambas as faces da epiderme, sendo que na face abaxial elas são menores que na da face adaxial. O sulco formado por elas é mais acentuado na folha de sol que na de sombra (Figura 12 B). As células buliformes são descritas por Esaú (1998) como células motoras, estando envolvidas no processo de enrolamento e dobramento das folhas, embora a literatura mostre que o enrugamento de outros tecidos também está relacionado com estes fenômenos.

Podem ser observados tricomas tectores uni e bicelulares, escassos, em ambas as faces da epiderme de ambas as folhas (Figura 10).

Tabela 5. Densidade estomática (n° estômatos mm^{-2}) na epiderme abaxial (EPI ABA) e adaxial (EPI ADA) e espessura de mesofilo (μm), ao nível de terço médio da lâmina foliar das folhas de sol e de sombra de *B. decumbens*. (Valores médios de 25 observações. Aumento de 20 X.).

Tipo de Folha	Densidade Estomática		Espessura de Mesofilo
	EPI ABA	EPI ADA	
Sol	59,6 a	68,7 a	33,3 a
Sombra	54,5 a	66,9 a	30,8 b

Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste T ($P < 0,05$).

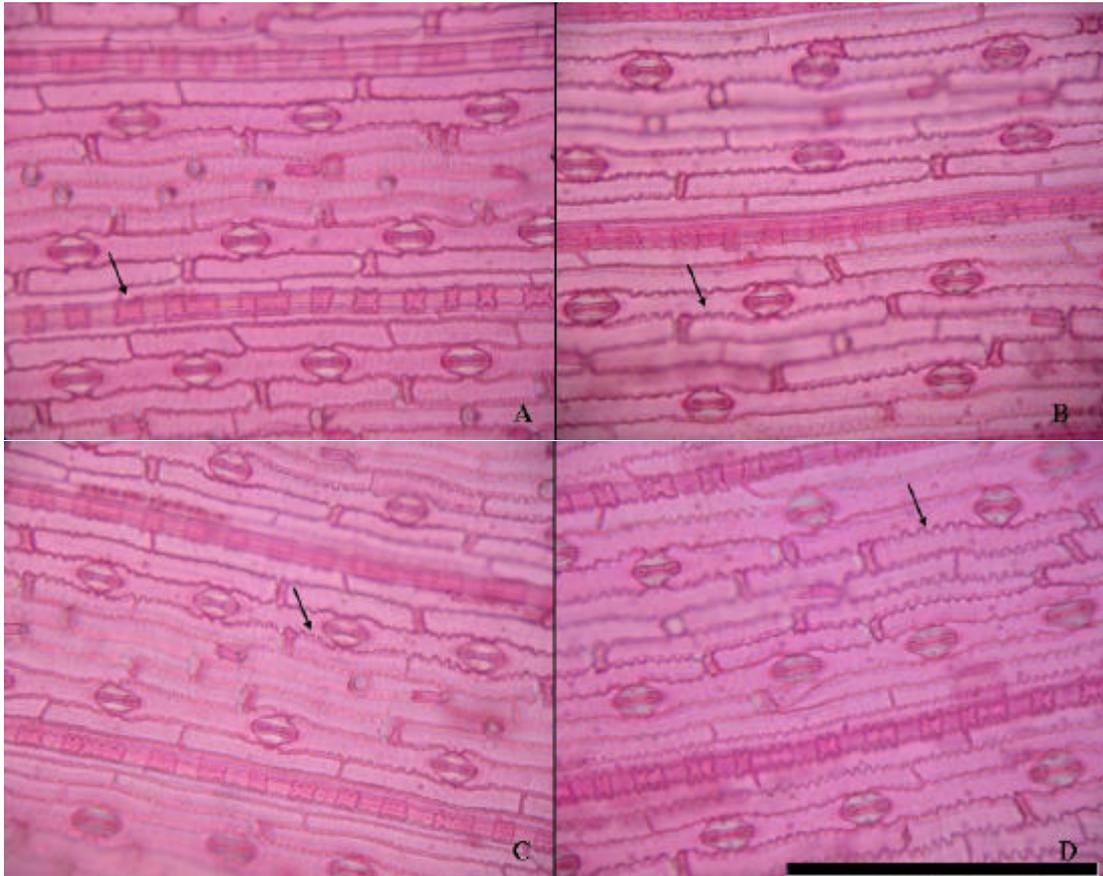


Figura 9: Vista frontal da epiderme abaxial das folhas de sol (A) mostrando corpos silicosos (?) e de sombra (B); vista frontal da epiderme adaxial das folhas de sol (C) e de sombra (D), nota-se a sinusiodade (?) das paredes celulares nos padrões “S” na folha de sol e “U” na folha de sombra. Escala da barra = 50 μ m. Todas as figuras estão na mesma escala.

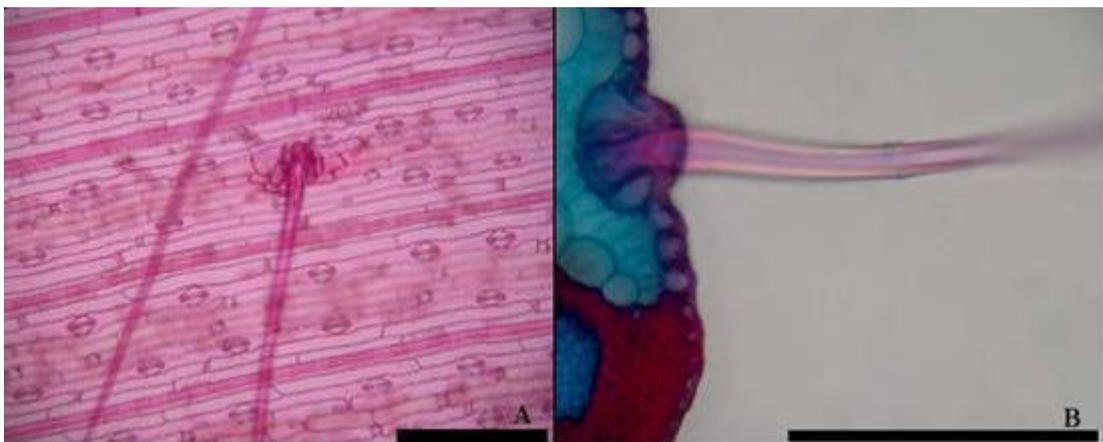


Figura 10: Aspecto geral da epiderme abaxial da folha de sol mostrando tricoma tector unicelular (A). Detalhe do tricoma em vista transversal (B), nota-se que a base do tricoma está localizada abaixo do nível das demais células epidérmicas. Escala da barras = 50 μ m. A: aumento de 20X . B: aumento de 40X.

4.3.3 Mesofilo

Em *B. decumbens*, o mesofilo (Figura 11) é composto por um parênquima clorofiliano (clorênquima) com poucos espaços intercelulares, orientando-se radialmente ao redor do feixe, não havendo diferenciação entre os clorênquimas paliçádico e lacunoso, constituindo um mesofilo de tipo homogêneo. Segundo Esaú (1998) o mesofilo das gramíneas geralmente é desprovido de diferenciação em parênquima paliçádico e lacunoso.

O esclerênquima está representado por fibras posicionadas em diferentes regiões do mesofilo da lâmina foliar (Figura 11), principalmente na nervura mediana junto à face abaxial, e junto aos feixes de 1^a e 2^a ordens, se estendendo até as epidermes, semelhante às estruturas “girder”. Essas estruturas são definidas por Wilson et al. (1989) como um suporte de células de parede espessa, formado pelo esclerênquima e pelas células da bainha do feixe vascular. Estas estruturas apresentam-se firmemente seguras à epiderme. Paciullo (2002), em uma revisão bibliográfica, destaca a importância das estruturas “girder”, uma vez que as mesmas dificultam o desprendimento da epiderme do restante da folha, o que acarreta em maior resistência da planta a danos químicos e mecânicos. Wilson et al. (1989) classificaram estas estruturas em dois tipos: “girder” I, quando se apresenta junto as duas epidermes ou “girder” T, quando se apresenta junto uma das epidermes apenas. As estruturas “girder” encontradas em *B. decumbens* são do tipo I, estando junta às duas epidermes em toda a extensão do mesofilo, exceto na nervura mediana onde são do tipo T, apresentando fibras apenas junto à face abaxial (Figura 11).

Um parênquima com paredes espessas, do tipo angular, ocorre na região da nervura mediana estendendo-se desde a face adaxial até o feixe vascular. A espessura do mesofilo foi influenciada ($P < 0,05$) pelas condições de radiação, apresentando maior valor para a folha de sol (Tabela 5). Resultados semelhantes foram encontrados por Espírito Santo & Pugialli (1998).

4.3.4 Sistema vascular

O sistema vascular (Figura 11) é constituído por feixes de 1^a e 2^a ordem, do tipo colateral. Os feixes de 1^a ordem apresentam forma circular e são constituídos por elementos de proto e meta xilema. O floema tem elementos de paredes delgadas. Os feixes de 2^a ordem possuem forma circular. Os feixes, tanto os de 1^a quanto os de 2^a ordem, estão envolvidos por duas bainhas: uma externa, constituída por células parenquimáticas clorofiladas com paredes mais espessas; e uma interna, constituída por fibras. Como descrito pela literatura, as gramíneas com metabolismo C_4 apresentam anatomia do tipo Kranz. Neste tipo de estrutura, as células do clorênquima apresentam-se radialmente ao redor dos feixes vasculares. Internamente a essa bainha de células do mesofilo, encontra-se uma bainha constituída por fibras do feixe vascular (Figura 11). Essa bainha, em *B. decumbens*, é simples, ou seja, apresenta apenas uma camada de células, conforme a descrição feita por Metcalfe (1960), para o gênero *Brachiaria*.

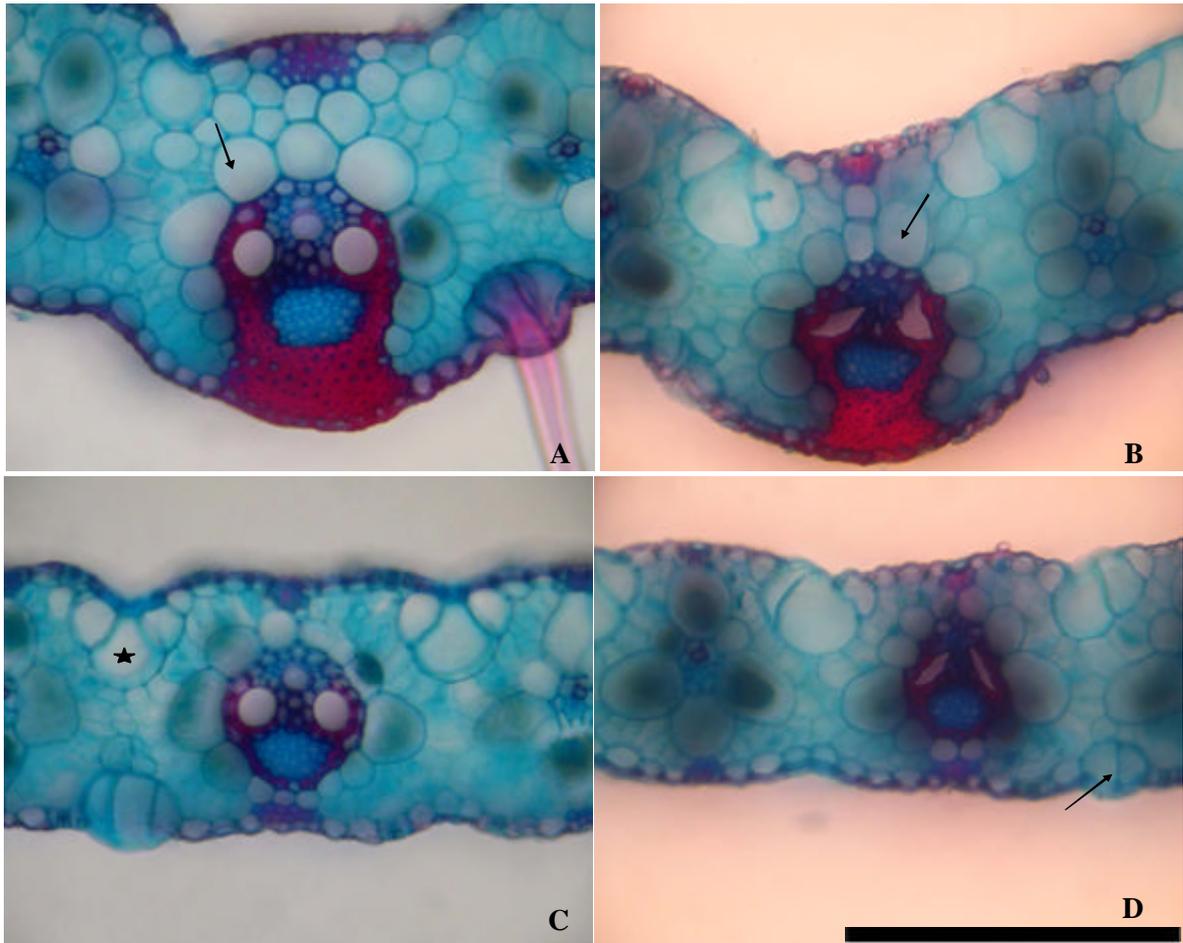


Figura 11: Aspecto geral da nervura mediana, em vista transversal, ao nível do terço médio da folha de sol (A) e da folha de sombra (B), evidenciando bainha de células parenquimáticas (?); feixes secundários e células buliformes (★) na folha de sol (C) e na folha de sombra (D), observe a presença de células buliformes na epiderme abaxial (?). Escala da barra = 50 μ m. Todas as figuras estão na mesma escala.

4.3.5 Bordo foliar

O bordo foliar, em seção transversal, apresenta-se reto, em ambas as folhas. Nessa região observa-se a presença de uma calota de fibras e também a presença de cerdas (Figura 12 A), chamadas tricomas em espinho (Monteiro & Pace, 1984). Essa cerda pode ser descrita como um tricoma unicelular pontiagudo, cuja ponta possui impregnação de sílica (Figura 13), uma feição comum em vários gêneros da família Poaceae.

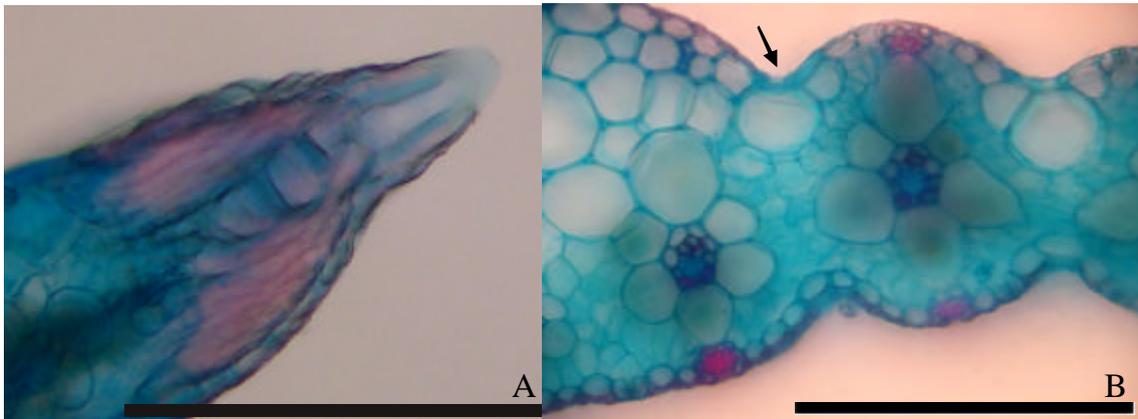


Figura 12: Bordo foliar (A), em vista transversal, mostrando calota de fibras e presença de cerda. Detalhe das células buliformes (B), em vista transversal, com sulco mais acentuado na folha de sol. Escala da barra = 50 μm .

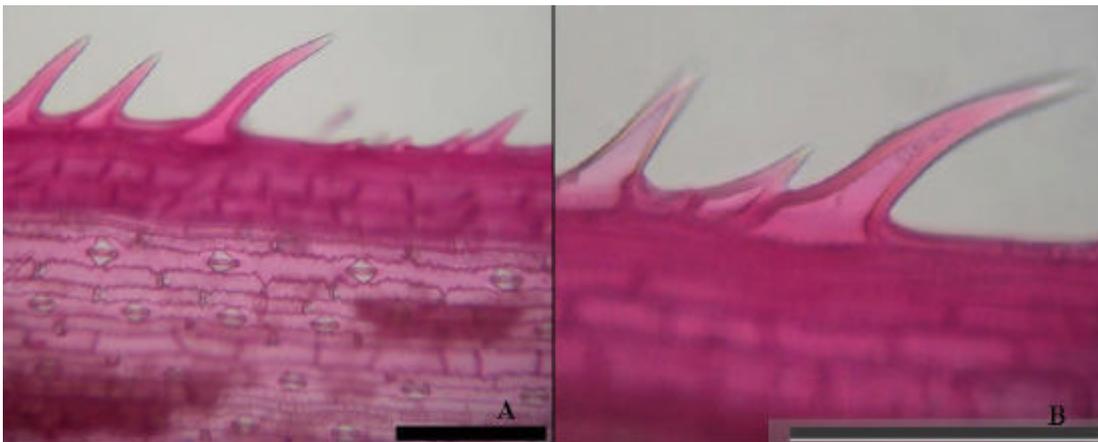


Figura 13: Aspecto geral do bordo da folha, em vista transversal, mostrando as cerdas (A); detalhe das cerdas (B). Escala da barra = 50 μm .

4.3.6 Testes histoquímicos

Os testes histoquímicos realizados tiveram caráter apenas qualitativo e, confirmaram, na epiderme das folhas formadas em ambas as condições de radiação, a presença de corpos silicosos em forma de haltere, em fileiras costais intercalados com células suberosas, concordando com observações de Metcalfe (1960) para o gênero *Braquiaria*. Resultados semelhantes foram encontrados por Monteiro & Pace (1984) para a gramínea *Axonopus compressus*. A sílica também ficou evidenciada nas células basais dos tricomas bicelulares e nas cerdas, conforme descrito anteriormente.

Numerosas células suberosas também podem ser encontradas em toda a extensão de ambas as epidermes, intercaladas com os corpos silicosos. Monteiro & Pace (1984) também observaram essas células na forrageira *A. compressus*. Taiz & Zeiger (2004) afirmam que o tecido suberizado é um importante agente contra a dessecação e evita a entrada de fungos, bactérias e outros patógenos.

Silva et al. (2005) ressaltam a importância dos tricomas silicificados devido ao fato deles conferirem resistência aos insetos, uma vez que estes encontram dificuldade em ovopositar sob células silicificadas. Appezato-da-Glória & Carmelo-Guerreiro (2003) afirmam que é comum a impregnação de sílica nas paredes celulares de tricomas de algumas famílias, ao qual segundo Larcher (2000) confere defesa química contra a herbivoria. Segundo este mesmo autor as gramíneas que são pastejadas mais intensamente contêm mais sílica em suas folhas em relação àquelas menos pastejadas.

A lignina pode ser encontrada por toda a extensão do terço médio da lâmina foliar, sendo observada em maior quantidade na folha de sol (Tabela 6). Larcher (2000) destaca que paredes celulares lignificadas podem constituir um tipo de defesa química contra a herbivoria. Taiz & Zeiger (2004) destacam algumas funções da lignina como suporte mecânico e funções protetoras que são importantes para planta. Relatam também que a lignina, devido a sua estabilidade química é relativamente indigerível pelos herbívoros, e quando ocorre na parede primária estando em contato íntimo com a celulose e as proteínas já presentes, dificulta a digestão dessas substâncias.

Gotas lipídicas também estão presentes por todo o terço médio do mesófilo de ambas as folhas e também em suas epidermes abaxial e adaxial (Tabela 6). Gottlieb & Salatino (1987) e Larcher (2000) destacam a importância dos óleos essenciais, como as gotas lipídicas, pois eles funcionam como sinalizadores químicos que podem penetrar em outras plantas ou animais, constituindo assim uma forma química de defesa.

A Tabela 6 mostra um resumo dos resultados dos testes histoquímicos realizados na lâmina foliar das folhas de sol e sombra.

Tabela 6. Resultados dos testes histoquímicos realizados na lâmina foliar de sol e sombra de *B. decumbens*.

Teste	Folha de Sol	Folha de Sombra
Sílica	+++	+++
Lignina	+++	++
Suberina	++	++
Gotas lipídicas	++	++

(+) – presença

(-) – ausência

5. CONCLUSÕES

De acordo com a hipótese que delimitou o propósito deste trabalho, podem ser feitas as seguintes considerações:

Pastagens de *Brachiaria decumbens* cultivadas em um sistema silvipastoril respondem diferencialmente às variáveis das condições climáticas estacionais, assim como dos níveis de sombreamento imposto pelo componente arbóreo.

Tais diferenças se expressam como:

a) modificações nos atributos estruturais do relvado, principalmente na densidade populacional de perfilhos e por essa via no tamanho da sua área foliar fotossinteticamente ativa;

b) modificações na quantidade e composição morfológica da massa seca de forragem produzida; e

c) modificações anatômicas nas folhas expostas ao sol pleno ou a sombra da cobertura arbórea: na espessura do mesofilo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, C. M. S. de; VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. da C.; VAZ, F. A. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 263-270, 2004.
- APPEZATO-DA-GLÓRIA B. & CARMELLO-GUERREIRO, S. **Anatomia Vegetal**. Viçosa: Ed. UFV, 2003. 438 p.
- ASHTON, P.M.S & BERLYN, G.P. Leaf adaptations of some *Shorea* species to sun and shade. **New Phytologist**. v. 121, p. 587-596. 1992.
- ASSIS, G. M. L.; EUCLYDES, R. F.; CRUZ, C. D. & VALLE, C. B. Discriminação de espécies de *Brachiaria* baseada em diferentes grupos de caracteres morfológicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 3, p. 576-584, 2003.
- BOLHAR-NORDENKAMP, H. R. & DRAXLER, G.; Functional leaf anatomy. In: HALL D. O.; SCURLOCK M. O.; BOLHAR-NORDENKAMP H. R.; LEEGOOD R. C. and LONG S. P. (Eds.). **Photosynthesis and production in a changing environment: a field and laboratory manual**. New York: Chapman & Hall, 1993. p. 91-112.
- BRITO, C. J. F. A.; RODELLA, R. A. & DESCHAMPS, F. C. Anatomia quantitativa da folha e do colmo de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich.) Stapf e *B. humidicola* (Rendle) Schweick. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 519-528, 2004.
- BUKATSCH, F. Bemerkungen zur doppelfarbung Astrablau-safranina. **Mikrokosmos**, v. 61, n. 8, p. 225, 1972.
- CADISCH, G; ROWE, E. & VAN NOORDWIJCK, M. Nutrient harvesting- the tree-root safety net. **Agroforestry Forum**, v. 8, p. 31-33, 1997.
- CARLQUIST, S. Ecological factors in wood evolution: a florist approach. **American Journal of Botany**. v. 64, p. 887-896, 1977.
- CARLQUIST, S. Further concepts in ecological wood anatomy, with comments on recent work in wood anatomy and evolution. **Aliso**, v. 9, p. 449-553, 1980.
- CARVALHO, M. M. Contribuição dos sistemas silvipastoris para a sustentabilidade da atividade leiteira. In: SIMPÓSIO SOBRE SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE A PASTO E EM CONFINAMENTO. 2001. Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001. p. 85-108.
- CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. de P & XAVIER, D. F. Início de florescimento, produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais sob condições de sombreamento natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37; n. 5, p. 717-722, 2002.
- CARVALHO, M. M. Benefícios da arborização em pastagens cultivadas. In: BERNARDO, W. F.; VIDAL, L. A. T. & TORRES, R. A. (Eds.). **Leite: agronegócio e tecnologias para as Regiões Sul e Centro-Sul Fluminense**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2004. 218 p.
- CASTRO, E. M. de; GAVILANES, M. L.; ALVARENGA, A. A. de; CASTRO, D. M. de & GAVILANES, T. O. T. Aspectos da Anatomia Foliar de Mudanças de *Guarea guidonea* (L.) Sleumer, sob Diferentes Níveis de Sombreamento. **Daphne**, Belo Horizonte; v. 8, n. 4, p. 31-35. 1998.

- CASTRO, C. R. T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M. M.; COUTO, L. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 5, p. 919-927, 1999.
- CASTRO, C. R. T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. P. Efeitos do sombreamento na composição mineral de gramíneas forrageiras tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6S, p. 1959-1968. 2001.
- CLAYTON, W. D. & RENVOISE, S. A. Genera graminium: grasses of the world. **Royal Botanic Gardens**, Kew. 1986. p. 389.
- CUTTER, E.G.; **Anatomia Vegetal Parte II. Órgãos – Experimentos e Interpretação**. São Paulo, SP, Roca, 1ª ed., 1986. p. 335.
- DAVIES, A. The regrowth of grass swarda. In: JONES, M.B. & LAZENBY, A. **The grass crop – the physiological basis of production**. Ney Work: Chapman and Hall. 1988. p. 85-127.
- DENNET, M. D. The tropical environment. In: GOLDSWORTHY P. R. & FISHER N.M. (Eds.). **The physiology of tropical field crops**. New York: John Wiley & Sons. 1984. p. 1-38.
- ESAU, K. **Anatomia das Plantas com Sementes**. São Paulo, Edgard Blücher. 1998. 293 p.
- ESPÍRITO SANTO, A. do & PUGIALLI, H.R.L. Estudo da Plasticidade Anatômica Foliar de *Stromanthe thalia* (Vell.) J. M. A. Braga (Marantaceae) em dois Ambientes de Mata Atlântica. **Rodriguésia**, v. 50, n. 76/77, p. 207-122, 1998.
- FOSTER, A. S. **Practical Plant Anatomy**. New York. D. van Nostrand, Inc., 2nd. ed. 1949. 228 p.
- GARCIA, R. & COUTO, L. Sistemas Silvipastoris: tecnologia emergente de sustentabilidade. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO. Departamento de Zootecnia, 1997, Universidade Federal de Viçosa. **Anais...** Viçosa , MG, Brasil. Suprema Gráfica e Ed. LTDA, 1997. 471 p.
- GAUTIER, H.; VARENET-GRANCHER, C.; HAZARD, L. Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Loium perenne* L.) Selected for Contrasting leaf length. **Annals of Botany**, v.83, p.423-429, 1999.
- GUENNI, O.; MARIN, D. & BARUCH, B. Responses to drought of five *Brachiaria* species. I. Biomass production, leaf growth, root distribution, water use and forage quality. **Plant and Soil**, v. 243, n. 2, p. 229-241, 2002.
- GOMIDE, J. A. Morfogênese e análise de crescimento de gramíneas tropicais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO. 1997. Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG, Brasil. Suprema Gráfica e Editora LTDA. 1997. 471 p.
- GOMES, D. M. S. Anatomia foliar de *Gomidesia spectabilis* (DC) Berg. e *G. nítida* (Vell) Legr. (Myrtaceae). **Dissertação (Mestrado em Botânica)**. Rio de Janeiro, Museu Nacional, UFRJ. 1992. 102 p.
- GOTTLIEB, P.J. & BELLEFLEUR, P. Função e evolução de oleos essenciais e das suas estruturas secretoras. **Ciência e Cultura**, v. 39 n. 8, p. 107-716, 1987
- HSIAO, T. C.; ACEVEDO, E.; FERERES, E.; HENDERSON, D. W. Water stress, growth, and osmotic adjustment. **Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.**, v. 273, p. 479-500, 1976.

- HOPKINS, W. J. **Introduction to Plant Physiology**. New York. John Wiley & Sons, Inc. 1995. p. 341-362.
- JACKSON, J.E., PALMER, J.W. A simple model of light transmission and interception by discontinuous canopies. **Annals of Botany**, v. 44, p. 381-383, 1979.
- JOHANSEN, D.A. **Plant Microtechnique**. New York, McGraw-Hill Book Company, XI, 1940. 523 p.
- KRAMER, P. **Water relations of plants**. New York: Academic Press, 1983. 489 p.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima Editora, 2000. 531 p.
- MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema Cerrado: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ/UFG, 2005. p.56-84.
- MARTIN, T. J. & JUNIPER, B. E. The cuticles of plants. Edinburgh, Edward Arnold Ltda. 1970. 347 p.
- MARTINEZ-RAMOS, M. Ciclos Vitales de los aroles tropicales Y regeneration natural de las selvas altas perennifolias. **Claros**, See Ref. 82, p. 191-239, 1985.
- MARQUES, A. R., GARCIA, Q. S. & FERNANDES, W. Effects of sun and shade on leaf structure and sclerophylly of *Sebastiania myrtilloides* (Euphorbiaceae) from Serra do Cipó, Minas Gerais, Brasil. **Bol. Bot. Univ. São Paulo**, v. 18, p. 21-27, 1999.
- METCALFE, C.R. **Anatomy of the Monocotyledons. I. Gramineae**. Oxford. Claredon Press. 1960. 731p.
- METCALFE, C.R. & CHALK, L. **Anatomy of the Dicotyledon: Systematic anatomy of the leaf and stem, with a brief history of the subject**. Oxford, Claredon Press, 2^a ed., v. I, 1979. 276 p.
- MONTEIRO, M. C. C. & PACE, L. B. Anatomia foliar de *Axonopus compressus* (SW.) Beauv. – GRAM. **Atas da Sociedade Botânica do Brasil**. RJ. v. 2, n. 5, p. 37-44, 1984.
- NABINGER, C. & PONTES, L. S. Morfogênese de plantas forrageiras e estrutura do pasto. In: MATTOS, W. R. S. (Ed.). **A produção animal a pasto na visão dos brasileiros**. Sociedade Brasileira de Zootecnia. Piracicaba: FEALQ, 2001. 927 p.
- NAPP-ZINN, K. **Anatomic der blattes**. Berlin: Gerbrudes Borntraeger, v. 2, 1988. 1431 p.
- NOBEL, P. S. Leaf anatomy and water use efficiency. In: TURNER, N. C. & KRAMER, P. J. (eds.). **Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress**. New York: Wiley. 1980. p. 43-55.
- OLIVEIRA, P. R. P. & HUMPHRYS, L. R. Influence of level and timing of shading on seed production in *Panicum maximum* cv. Gaton. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.3, p.417-424, 1986.
- PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, J. A.; SILVA, E. A. M.; QUEIROZ, D. S. & GOMIDE, C. A. M. Caracterização anatômica da lâmina foliar e do colmo de gramíneas forrageiras tropicais, em função do nível de inserção no perfilho, da idade e da estação de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 2, p. 890-899, 2002.
- PACIULLO, D. S. C. Características anatômicas relacionadas ao valor nutritivo de gramíneas forrageiras. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 32, n. 2, p. 357-364, 2002.

- PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C. A. B.; LOPES, F. C. F.; COSTA, F. J. N.; ROSSIELLO, R. O. P.; AROEIRA, L. J. M. Caracterização morfofisiológica do relvado de *Brachiaria decumbens* em um sistema silvipastoril. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, Campo Grande, 2004. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. CD ROM.
- PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C.A.B.; AROEIRA, L. J. M; MORENZ, M.J.F.; LOPES, F.C.F.; ROSSIELLO, R. O. P. Morfologia e valor nutritivo do capim braquiária sob sombreamento natural e sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 573-579, 2007.
- PEDREIRA, C. G. S.; MELLO, A. C. L. & OTANI, L. 2001. O processo de produção de forragem em pastagens. In: MATTOS, W. R. S. (Ed.). **A produção animal a pasto na visão dos brasileiros**. Sociedade Brasileira de Zootecnia. Piracicaba: FEALQ, 2001. 927 p.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F. & EICHJHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 6^a ed. Ed. Guanabara-Koogan S.A. Rio de Janeiro-RJ, 2001. 906 p.
- REICH, P. B.; ELLSWORTH, D. S.; WALTERS, M. B. Leaf structure (specific leaf area) modulates photosynthesis-nitrogen relations: evidence from within and across species and functional groups. **Functional Ecology**, v. 12, p. 948-958, 1998.
- ROBSON, M. J.; RYLE, J. A. & WOLEGDE, J. The grass plant-its form and function. In: JONES, M.B. & LAZENBY, A. (Eds.). **The grass crop. The physiological basis of production**. London: Chapman and Hill Ltd., 1988. p. 25-83.
- RODRIGUES, M. G. & SANTOS, A. R. Efeito da adubação com resíduo orgânico em Latossolo Amarelo Coeso na produção da *Brachiaria decumbens* stapf. e no acúmulo de metais pesados. **Magistra**, Cruz das Almas - BA, v. 14, n. 2, jul./dez, 2002.
- SBRISSIA, A. F. & da SILVA, S. C. O ecossistema de pastagens e a produção animal. In: MATTOS, W. R. S. (Ed.). **A produção animal a pasto na visão dos brasileiros**. Sociedade Brasileira de Zootecnia. Piracicaba: FEALQ, 2001. 927 p.
- SENDULSKY, T. Chave para identificação de *Brachiaria*. **J. Agroceres**, v. 5, n. 56, p. 4-5, 1977.
- SILVA, L. M.; ALQUINI, Y.; CAVALLET, V. J. Inter-relações entre a anatomia vegetal e a produção vegetal. **Acta bot. bras.** v. 19, n. 1, p. 183-194, 2005.
- SILVA, R. R. Poaceae (Gramineae) da ARIE – Santuário de Vida Silvestre do Riacho Fundo, Brasília: DF: Universidade de Brasília. **Dissertação (Mestrado em Botânica)**. Universidade de Brasília, 2000. 187 p.
- SMITH, W. K.; BILL, D. T. & SHEPHERD, K. A. Associations between leaf structure, orientation and sunlight exposure in five western Australian communities. **Am. J. Bot.** v. 85, n. 1, p. 56-63, 1998.
- STACE, C. A. Cuticular studies as na aid to plant taxomony. Bulletin of the British Museum (Natural History), **Botany**, v. 4, p. 3-78, 1965.
- STRASSBURGER, E. **Handbook of Pratical Botany**. New York. The MacMillan Company. 1924. 532 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3^a ed. Porto Alegre. Ed. Artmed. 2004. 719 p.
- TERASHIMA, I.; MIYAZAWA, S. & HANBA, Y. T. Why are sun leaves thicker than shade leaves? – Consideration based on analyses of CO₂ diffusion in the leaf. **J. Plant Res.** v. 114, p. 93-105, 2001.

VAN COTTEN, W. R. J. A classification of stomal types. **Bot. J. Linn. Soc.** v. 63, p. 235-246, 1970.

VIANA, V. M.; MAURÍCIO, R. M.; MATA-MACHADO, R. & PIMENTA, I. Manejo de la regeneración natural de especies arbóreas nativas para la formación de sistemas silvopastoriles en la zonas de bosques secos del sureste de Brasil. **Agroforestería en las Américas.** v. 9, n. 33-34, p. 48-52, 2002.

VIEIRA, R. C. Anatomia da folha de *Bauhinia radiata* Vell. em diferentes ambientes. **Arq. Biol. Tecnol.** v. 3, n. 1, p. 63-107, 1995.

WENZL, P.; PATIÑO, G. M.; CHAVES, A. L.; MAYER, J. E. & RAO, I. M. The high level of aluminium resistance in signalgrass is not associated with known mechanisms of external aluminium detoxification in root apices. **Plant Physiology**, v.125, p.1473-1484, 2001.

WILKINSON, H. P. The plant surface (mainly leaf). In: METCALFE, C.R. & CHALK, L. (eds.). **Anatomy of the Dicotyledons.** Oxford, Clarendon Press. v.1, 2^a ed., p.97-162, 1979.

WILSON, J. R.; AKIN, D. E.; McLEOD, M. N. Particle size reduction of the leaves of a tropical and temperate grass by cattle. II. Relation of anatomical structure to the process of leaf breakdown through chewing and digestion. **Grass and Forage Sci**, v. 44, n. 1, p. 65-75, 1989.

WYLIE, R.B. The role of epidermis in the foliar organization and its relations to the minor venation. **American Journal of Botanic**, v. 30, p. 355-361, 1943.