



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

CRESCIMENTO E QUALIDADE DO CAPIM-COASTCROSS
(*Cynodon dactylon* L. pers. cv. Coastcross-1) SOB DOSES DE
ADUBAÇÃO NITROGENADA

BRUNA ADESE LOPEZ

Sob a Orientação do Professor
Roberto Oscar Pereyra Rossiello

e Co-orientação do Professor
Fernando Queiroz de Almeida

Dissertação submetida como
requisito parcial para obtenção do
grau de **Magister Scientiae** em
Agronomia, Área de Concentração
em Ciência do Solo

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2003

634.842
1864/C
X

U.F.R.R.J. - BIBLIOTECA CENTRAL
REGISTRA

435

EM: 25.05.04

RME:

DOAÇÃO

Origem

EM: 25.05.04

RU-00013413-9

13491
683
P 26

631.842

L864c

T

Lopes, Bruna Adese, 1978 -

Crescimento e qualidade do capim - coastcross (*Cynodon dactylon*
L. pers. Cv. Coastcross -1) sob doses de adubação nitrogenada /
Bruna Adese Lopes. -

84f. : graf., tab.

Orientador: Roberto Oscar Pereyra Rossiello.

Dissertação (mestrado)- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia.

Bibliografia: p. 65-82.

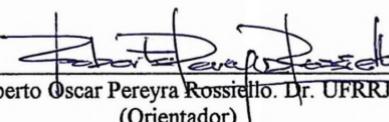
1. Nitrogênio na agricultura - Teses. 2. Fertilizantes nitrogenados -
Teses. 3. Capim - das - bermudas - Adubação - Teses. 4. Capim - das -
bermudas - Crescimento - Teses. 5. Capim - das - bermudas -
Qualidade - Teses. I. Rossiello, Roberto Oscar Pereyra, 1948-. II.
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de
Agronomia. III. Título.

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

BRUNA ADESE LOPES

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

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 20 / 02 / 2003.



Roberto Oscar Pereyra Rosselto. Dr. UFRRJ

(Orientador)



Fernando Queiroz de Almeida. Dr. UFRRJ

(Co-orientador)



Dilermando Miranda da Fonseca. Dr. UFV

DEDICO ESTA OBRA:

A Deus,

Aos meus pais Jorge Vieira Lopes e Marina Adese Lopes,

Aos meus irmãos, à minha avó Jandira Nunes Adese,

Ao meu namorado Marcos Roberto Farias Mendes e

À todas as pessoas que sempre acreditaram em mim.

OFEREÇO:

Ao meu mestre,

Roberto Oscar Pereyra Rossiello,

com todo carinho e,

Ao meu eterno orientador,

Fernando Queiroz de Almeida.

MENSAGENS:

Na vida,

A gente nunca recebe um desejo,

Sem também receber a capacidade de torná-lo realidade.

E nunca recebemos uma dor que não possa ser suportada.

Um sábio falou:

‘Não existem pessoas perfeitas,

Mas existem intenções perfeitas.’

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, através do Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo e do Departamento de Solos pela oportunidade de realizar o curso de Mestrado e ensinamentos transmitidos.

À Fundação CAPES, pela concessão de bolsa de estudos e à Embrapa – Agrobiologia, Seropédica – RJ, pela oportunidade de realização de análises.

Ao orientador e amigo, Professor Roberto Oscar Pereyra Rossiello, por sua orientação, dedicação e paciência em todos os momentos durante a condução deste trabalho, por acreditar em mim como profissional e, finalmente, por passar tantos conhecimentos em simples conversas.

Ao co-orientador e amigo, Professor Fernando Queiroz de Almeida, por seus ensinamentos, conselhos, dedicação e apoio em todos os momentos, desde o início do meu caminhar científico e, simplesmente, por me dar a força necessária para realizar meus sonhos.

Aos professores Everaldo Zonta, Eduardo Lima, Lúcia Anjos, Marcos Gervásio, e João Batista Rodrigues Abreu, pelos relevantes ensinamentos durante o curso.

Aos estagiários Marcos Roberto Farias Mendes, Roberta Conde dos Santos, Vladimir da Silva Lemos, André Luis Pereira Silva e demais estagiários do Laboratório de Ecofisiologia de Plantas Cultivadas por toda ajuda para realização deste trabalho, pela amizade e companheirismo demonstrados ao longo do tempo.

A todos do Departamento, pelo sorriso sincero e pelo ‘bom dia’, que não custa nada, mas acalenta o coração.

Aos amigos de curso Sirgiane Vianna Cardozo, Carlos Augusto Brandão de Carvalho e André Luiz Lopes de Faria, pela amizade que o tempo não apagará.

Aos amigos Robert Macedo e José Carlos Polidoro, que apesar do pouco contato, demonstraram amizade nos ensinamentos, mesmo nas horas contadas.

Às companheiras que dividiram alojamento e a todos que me foram prestativos.

E, finalmente, aos meus pais, irmãos, familiares e namorado, pois sem esta ajuda, seria impossível esta caminhada, me erguendo quando eu caia, dando apoio quando eu tropeçava e amparando de carinho em todos os momentos, pois uma pessoa bem acompanhada, além de mais feliz, trabalha com mais afinco.

BIOGRAFIA

BRUNA ADESE LOPES, filha de Jorge Vieira Lopes e Marina Adese Lopes, nasceu na cidade do Rio de Janeiro, em 20 de maio de 1978.

Em 1996, ingressou no curso superior de Zootecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica – RJ. Durante a graduação, participou de atividades de pesquisa como bolsista de Iniciação Científica PIBIC/CNPq, no período de 1999 a 2000.

Em 2000, como oradora de sua turma, diplomou-se Zootecnista, pela mesma Instituição, recebendo o prêmio 'CRMV/RJ' como melhor aluna formanda em Zootecnia, no segundo semestre de 2000.

Em 2001, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo, na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO-----	1
2. REVISÃO DE LITERATURA-----	3
2.1 Estabelecimento de Pastagens no Brasil-----	3
2.2 O Gênero <i>Cynodon</i> -----	4
2.2.1 Origem e caracterização-----	4
2.2.2 O gênero <i>Cynodon</i> no Brasil-----	5
2.2.3 A cultivar coastcross-----	5
2.3 Adubação Nitrogenada-----	6
2.4 Análise de Crescimento-----	7
2.4.1 Matéria seca parcial e total-----	9
2.4.2 Área foliar-----	12
2.4.3 Caracterização espectral-----	12
2.4.4 Composição bromatológica-----	13
2.4.5 Perfilamento-----	15
3. MATERIAL E MÉTODOS-----	18
3.1 Delineamento Experimental -----	18
3.2 Local e Período Experimental -----	18
3.3 Clima -----	18
3.4 Substrato -----	18
3.5 Espécie Vegetal -----	18
3.6 Calagem -----	19
3.7 Adubação Fosfatada -----	19
3.8 Adubação Potássica -----	19
3.9 Adubação Nitrogenada -----	19
3.10 Plantio -----	19
3.11 Irrigação -----	20
3.12 Corte de Uniformização -----	20
3.13 Matéria Seca -----	20
3.13.1 Parte aérea -----	20
3.13.2 Parte radicular -----	22
3.14 Irradiância -----	22
3.15 Perfilamento-----	22
3.16 Análises Estatísticas -----	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO-----	24
4.1 Temperatura e Umidade Relativa do Ar-----	24
4.2 Matéria Seca -----	25
4.2.1 Parte aérea -----	25
4.2.2 Partição da planta -----	28
4.2.3 Matéria pré-seca radicular -----	36
4.3 Área Foliar -----	40
4.3.1 Área foliar específica -----	40
4.3.2 Razão de área foliar -----	41
4.4 Irradiância-----	42
4.4.1 Irradiância fotossintética incidente-----	42
4.4.2 Percentual de irradiância fotossintética interceptada-----	42

4.4.3	Refletância	44
4.5	Composição Bromatológica	45
4.5.1	Proteína bruta	45
4.5.2	Fibra em detergente ácido (FDA)	49
4.5.3	Celulose	50
4.5.4	Ligninas	52
4.5.5	Cinzas insolúveis em detergente ácido (CIDA)	54
4.6	Perfilhamento	55
4.6.1	Densidade populacional de perfilhos vegetativos	55
4.6.2	Demografia do perfilhamento vegetativo	58
4.6.3	Densidade populacional de perfilhos reprodutivos	59
4.6.4	Demografia do perfilhamento reprodutivo	62
5.	CONCLUSÕES	63
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

RESUMO

LOPES, Bruna Adese. Crescimento e qualidade do capim-Coastcross (*Cynodon dactylon* L. Pers. cv. Coastcross-1) sob níveis de adubação nitrogenada. Seropédica: UFRRJ, 2003. 84p. (Dissertação, Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo).

Este trabalho foi realizado no Departamento de Solos do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em Seropédica (RJ), em condições de casa de vegetação, e teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de nitrogênio (N) no crescimento inicial e composição bromatológica do capim Coastcross (*Cynodon dactylon* L. Pers. cv. Coastcross-1). Como substrato para o crescimento das plantas, foi usado solo proveniente do horizonte A de um Planossolo série Ecologia. Os tratamentos consistiram de doses de N-uréia (0, 100, 200 e 300 Kg N/ha) e idades de coleta (14, 28, 42, 56 e 70 dias, contadas a partir de um corte de uniformização), num arranjo fatorial em parcelas subdivididas, disposto de forma inteiramente casualizada. De março a agosto de 2002 foram medidas as seguintes variáveis fenotípicas: produção de matéria seca total, da parte aérea e raízes, a área foliar total por vaso, taxas de natalidade, mortalidade e florescimento de perfilhos e a composição bromatológica. Os resultados obtidos mostraram que o N promoveu a produção de matéria seca total (MST), principalmente dos colmos. O corte de uniformização mostrou-se drástico, levando a uma redução da matéria seca radicular, mas o nível de N disponível alterou essa resposta. Com a dose de 300 kg de N/ha, obtiveram-se os maiores valores em termos de percentagem de MST da parte aérea. As diferentes idades afetaram diferencialmente a percentagem de MST nos colmos. Observou-se que a interceptação do fluxo radiante fotossintético (400-700 µm) não excedeu de 60 % e que a refletância do dossel aumentou com a idade, como consequência do hábito de crescimento da espécie, não sendo modificada pela aplicação de N. Como tendência geral, o N melhorou a composição bromatológica do Coastcross. Todavia, seu efeito marcante no perfilhamento, com a predominância dos perfilhos laterais após os 35 dias, modificou os teores de proteína bruta e ligninas. O Coastcross apresentou um maior percentual de perfilhos reprodutivos na ausência de adubação nitrogenada. Altas doses de N induziram um retardamento da floração. O florescimento mostrou um comportamento diferenciado, observando-se, na dose de 200 kg/ha, uma concentração da floração aos 42 dias, enquanto que, para os demais tratamentos, este evento fenológico diluiu-se ao longo do período de crescimento, a partir dos 35 dias. As taxas de natalidade e mortalidade de perfilhos não apresentaram um padrão de comportamento homogêneo, concluindo-se que o florescimento influencia de forma marcante a demografia do perfilhamento. Esta gramínea forrageira apresenta respostas diferenciadas para idades de crescimento e níveis de N disponível; e particularmente a sua produção de matéria seca é altamente influenciada pela taxa de produção e crescimento de perfilhos, os quais controlam a taxa de expansão da área foliar e, por essa via, a interceptação e reflexão da radiação solar fotossintética ativa.

Palavras chave: matéria seca, composição bromatológica, dinâmica de perfilhamento.

ABSTRACT

LOPES, Bruna Adese. **Growth and quality of the grass-Coastcross (*Cynodon dactylon* L. Pers. cv. Coastcross-1) under levels of nitrogen manuring.** Seropédica: UFRRJ, 2003. 84p. (Dissertation, Master Science in Agronomy, Soil Science).

This work was accomplished in the Soils Department, Agronomy Institute, at the Rural Federal University of Rio de Janeiro, in Seropédica (RJ), in greenhouse conditions. The objective was to evaluate effects of nitrogen (N) application in the initial growth and bromatological composition of the grass-Coastcross (*Cynodon dactylon* L. Pers. cv. Coastcross-1). As substratum for the growth of the plants, soil sampled from A horizon of a Planosolo, serie Ecology (Fragiudult) was conditioned in vases of 20 liters. The treatments consisted of levels of N-ureia (0, 100, 200 and 300 kg N/ha) and five plant sampling periods (14, 28, 42, 56 and 70 days, count starting after an uniformization cut), set in a factorial arrangement with subdivided parcels, entirely casually. From March to August 2002 the production of total dry matter, aerial part and roots, area to foliate, tiller demographic, birth rates, mortality and tiller flowering and bromatological composition were appraised. The results demonstrated that N promoted production of total dry matter (MST), mainly of the stems, always of quadratic form or quadratic root. It was also observed a differentiated answer of Coastcross: a) in what concerns the % MST of the aerial part in response to N, where the dose of 300 kg resulted in larger values; b) with relationship to % MST in the stems of different ages. The uniformization cut was shown drastic, resulting in reduction of radicular dry matter, but the level of available N altered that answer. It was observed that the percentile of intercepted radiation did not surpass the 60%, and the solar radiation reflected by the cover increased with the age, not being modified by N application. In general, N improved the bromatological composition of Coastcross, however the N outstanding effect was in the tillering, with predominance of axillary tiller after the 35 days, which modified the level of crude protein and lignins. Coastcross presented highest percentile of reproductive tillers in the absence of nitrogen manuring. High N dosages caused retardation of flowering. The flowering showed a different behavior, being observed for the 200 kg/ha N dosage, a concentration of the reproductive tillers at 42 days, while, for the other treatments, this fenologic event was diluted along the growing period, starting from 35 days. The birth rates and mortality of tillers did not present a pattern of homogeneous behavior. Therefore, it can be concluded that flowering has an outstanding influence in the tillering demography. Coastcross presents fenologic response differentiated according to growth ages and available N levels. Particularly, dry matter production is highly influenced by the production rate and tiller growth, which control the rate of expansion of area to foliate and, therefore, the interception and reflection of the solar radiation active photosynthetically.

Key words: dry mater, bromatological composition, tillering dinamics.

1. INTRODUÇÃO

A atividade pecuária no Brasil é baseada no uso de pastagens, que ocupam 20% da área agricultável no Brasil (FAO, 2000) e que, como recurso alimentar, tem sofrido mudanças significativas nos últimos anos, em função da busca por sistemas de produção economicamente viáveis, principalmente devido à maior competitividade observada atualmente. Como o incremento da eficiência de uma atividade demanda a geração e difusão de novas tecnologias, o conhecimento dos fatores que regem a produtividade das pastagens torna-se indispensável para que, sistemas de produção animal que buscam a máxima eficiência e lucratividade, tornem-se viáveis. A grande importância das forrageiras no contexto técnico-econômico dos sistemas de produção animal em pastagens fez com que aumentasse o interesse em estudos detalhados das plantas forrageiras tropicais utilizadas no cenário produtivo.

A maior parte destas pastagens que suportam o rebanho nacional constitui-se de monoculturas de gramíneas melhoradas, que entram em processo de degradação com o passar dos anos, tendo sua produtividade reduzida. Um dos motivos que concorrem para este fato é o lançamento de novas forrageiras ao mercado sem os devidos estudos de manejo e adaptação.

Uma planta forrageira, para proporcionar alta produtividade animal, deve apresentar características fundamentais ao processo ingestivo, digestivo e produtivo. Para tanto, a manutenção e o aumento da produção de forragens depende de diversos fatores, dentre os quais, a adequada disponibilidade de nutrientes no solo, com destaque para o nitrogênio (N), como determinante, não só do ritmo de crescimento, mas também da qualidade das gramíneas forrageiras, desde que sejam corrigidas as deficiências em outros nutrientes disponíveis e haja umidade suficiente para o crescimento.

Os fatores do meio ambiente interferem no processo de acúmulo de forragem e nutrientes dessas plantas, e conferem respostas muito variáveis em termos de produtividade e qualidade da pastagem. Portanto, há necessidade de maior entendimento de todos os fatores que determinam a natureza das respostas do complexo solo-planta-animal em pastagens a fim de que práticas de manejo racional possam ser idealizadas, e sistemas de produção animal em pastagens mais competitivos e sustentáveis possam ser planejados, assim como em outras culturas que já chegaram a esse patamar de desenvolvimento, e apresentam novas perspectivas em termos de pesquisa.

Para delinear estratégias de manejo racional das pastagens, deve-se iniciar avaliando cada um dos fatores em separado, para que se possa partir para uma análise mais aprofundada, juntando todo o complexo solo-planta-animal. Estudos avaliando a produção de matéria seca, produção animal e valor nutritivo da planta são encontrados na literatura com freqüência, mas separadamente, sem estudos de sua interação. Em países de clima temperado, estudos têm sido realizados acerca da fisiologia e morfologia de plantas forrageiras, encontrando-se em estágio bastante avançado, assegurando uma base sólida para o manejo das pastagens, e também auxiliando nos trabalhos de melhoramento genético. Contudo, estes resultados não podem ser extrapolados para condições ambientais tropicais, onde estudos devem ser desenvolvidos, avaliando criteriosamente cada um destes fatores que influem na produtividade. As poucas pesquisas desenvolvidas nestes últimos anos no Brasil vêm tomando rumos adversos, sem atender as reais necessidades básicas para traçar um plano de manejo das pastagens em seus diversos sistemas de produção animal.

A análise quantitativa do crescimento das gramíneas é o primeiro passo na análise da produção vegetal e requer informações que podem ser obtidas sem necessidade de equipamentos sofisticados. Tais informações são a quantidade de material contido na planta toda e suas partes (folhas, colmos, raízes, frutos) e o tamanho dos aparelhos fotossintetizantes (área foliar), obtidas a intervalos de tempo durante a estação de crescimento do vegetal.

Em virtude das mudanças que ocorrem na reflectância do dossel, e em razão da quantidade de nitrogênio disponível, a biomassa e a área foliar podem ser monitoradas por meio de técnicas de sensoriamento remoto, sendo necessário, para tanto, um estudo mais aprofundado da interação entre nitrogênio, biomassa, área foliar e reflectância.

A composição bromatológica da planta forrageira, parâmetro para avaliar sua qualidade, varia entre e dentro de espécies e nas partes da planta de uma espécie, sendo afetada por diversos fatores, tais como a disponibilidade de nutrientes e o estágio de maturação. Embora encontrados na literatura, com certa freqüência, estudos envolvendo estes fatores, poucos são os trabalhos que estudam estas interações.

Um aspecto importante desses estudos diz respeito à dinâmica do perfilhamento. As gramíneas forrageiras utilizam o perfilhamento como forma de crescimento, incremento em produtividade e resposta a diversos fatores de ambiente e manejo e, sobretudo, de sobrevivência, longevidade e perenização da comunidade de plantas. O perfilhamento é um fenômeno determinante da produção das pastagens, e a maior produtividade da pastagem será alcançada quando o máximo de fatores interferentes estiverem atuando positivamente. Para tanto, conhecer a planta e manipular o perfilhamento de forma a favorecer a produção e a qualidade, sem prejudicar a persistência, é um compromisso que une conhecimento técnico, talento e dedicação daqueles que buscam o desenvolvimento dos sistemas de produção. Logo, o estudo e entendimento da dinâmica populacional de perfilhos, juntamente às suas taxas de natalidade, mortalidade e florescimento, torna-se de suma importância.

Observando-se as modificações nos últimos anos, em termos de pastagens e alimentação animal, percebe-se um avanço no uso de forrageiras do gênero *Cynodon*, que, não obstante o seu potencial produtivo, resulta, freqüentemente, em baixas produções, devido a falta de melhores informações sobre o seu manejo em condições de alta disponibilidade de nutrientes no solo.

O Coastcross é uma cultivar da espécie *Cynodon dactylon*, que foi adaptado às condições tropicais, e vem apresentando resultados satisfatórios para a produção animal a pasto, principalmente para bovinos de leite e eqüinos.

A semelhança do que acontece com outras gramíneas cultivadas, é de se supor que a adubação nitrogenada de pastagens de capim-Coastcross possa favorecer o crescimento e a qualidade desta forrageira, de modo a suprir as exigências nutricionais dos animais em criação extensiva, ou mesmo reduzir a necessidade de suplementação em sistemas semi-intensivos.

Tendo em vista esta hipótese, o presente estudo teve por objetivo avaliar os efeitos de doses crescentes de nitrogênio sobre o crescimento, a composição bromatológica, o padrão demográfico, as taxas de natalidade, de mortalidade e de florescimento de perfilhos de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, em estudo conduzido em condições de casa de vegetação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Estabelecimento de Pastagens no Brasil

A situação atual das pastagens brasileiras é o reflexo de cinco séculos de expansão e exploração desde o descobrimento do Brasil. Segundo MAGNANI (1961) citado por ZIMMER & EUCLIDES (2000), cerca de 89% da vegetação original do Brasil eram de florestas do tipo equatorial, tropical, cerrado e caatinga e 11% de formações campestres representados pelos campos do Sul, campos de altitude, campos inundáveis e áreas limpas de cerrado.

Segundo ROCHA (1988), as áreas de pastagens do Brasil são dependentes da atuação do homem e seus animais, pela ação do fogo e do pastejo, sobre as formações florestais. O estabelecimento de pastagens nas áreas florestais intensificou-se após as décadas de 30 e 40, sendo a espécie bovina, elemento desbravador nas fases iniciais de substituição de florestas densas por cultivos (ZIMMER & CORREIA, 1993). As mudas de forrageiras foram usadas em monocultura ou nas entrelinhas de outros cultivos, predominando os capins gordura (*Melinis minutiflora*), colonião e guiné (*Panicum maximum*), jaraguá (*Hyparrhenia rufa*), angola (*Bracharia mutica*) e o quicuio (*Pennisetum clandestinum*) restrito a áreas subtropicais (ZIMMER & EUCLIDES, 2000).

De acordo com ZIMMER & CORREIA (1993), estas forrageiras, vindas da África accidentalmente com os escravos, foram de grande importância para o desenvolvimento da pecuária nacional, pois possibilitaram uma elevação na capacidade suporte e no ganho de peso dos animais.

Após anos de pastejo, estas forrageiras apresentaram queda acentuada de produção, hoje denominada degradação das pastagens, que segundo MACEDO & ZIMMER (1993), é um processo evolutivo de perda de vigor, de produtividade, de capacidade de recuperação natural para sustentar os níveis de produção e qualidade exigida pelos animais, assim como, o de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e plantas invasoras, culminando com a degradação avançada dos recursos naturais, em razão do manejo inadequado. Com isso, os produtores passaram a procurar a forrageira ‘milagrosa’, capaz de superar esta situação e, segundo ROCHA (1988), devendo produzir bem em terras mais fracas e fornecer forragem verde na seca. Assim, iniciou-se o denominado ciclo dos capins, dentre os quais, o pangola (*Digitaria decumbens*) destacou-se na década de 50 e, a *Digitaria swazilandenses* e diversas gramíneas do gênero *Cynodon* desde então, e que ainda hoje são utilizadas principalmente na alimentação de bezerros e eqüinos (ZIMMER & CORREIA, 1993). Nas décadas de 60 e 70 as áreas de pastagens de gramíneas cultivadas no Brasil expandiram surpreendentemente, devido principalmente ao gênero *Brachiaria* (MACEDO, 1995). Nestas décadas, também foram utilizadas diversas cultivares de *Panicum maximum* e de *Setaria sphacelata* (ZIMMER & EUCLIDES, 2000). Na década de 80, iniciou-se o ciclo das brachiárias, sendo lançadas algumas cultivares pela Embrapa, de grande aceitação pelos produtores, principalmente as cultivares resistentes à cigarrinha-das-pastagens. Em seguida, foram lançadas cultivares de *Panicum maximum* (ZIMMER & EUCLIDES, 2000).

Na atualidade, estima-se que o Brasil tropical semeie cerca de 80.000 toneladas de sementes por ano, das quais a *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria humidicola* perfazem cerca de 80% destas sementes (ZIMMER &

EUCLIDES, 2000). Segundo ZIMMER & EUCLIDES FILHO (1997), aproximadamente 10% do território nacional é cultivado com forrageiras do gênero *Brachiaria*, cerca de 80 Mha. No estado do Rio de Janeiro, a situação das terras ocupadas por pastagens não é diferente, visto que ocupam 64 % da área total do estado e 42 % desta área de pastagem corresponde a monoculturas de *Brachiaria* spp. (IBGE, 1998).

Segundo MARASCHIN (1981), a pastagem deve ser vista como eixo de referência do sistema solo-planta-animal, sendo o homem capaz de intervir para determinar as condições iniciais e as modificações subsequentes que ocorrem, utilizando principalmente, como instrumento, o controle do tipo e número de animais, visto que, segundo ZIMMER & EUCLIDES (2000), 90 % dos bovinos abatidos são criados exclusivamente a pasto ou com pequena suplementação pós-desmama.

2.2 O Gênero *Cynodon*

O gênero *Cynodon*, tradicionalmente conhecido como grama bermuda (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) e grama estrela (*Cynodon nemfluensis*, Vanderyst e *Cynodon aethiopicus*, Clayton et Harlan), é considerado bem adaptado às regiões tropicais e subtropicais (VILELA & ALVIM, 1998).

As gramas estrela, por não apresentarem rizomas, são menos resistentes à seca e aos invernos moderadamente frios, ainda que bem adaptadas a estas condições (VILELA & ALVIM, 1998), enquanto que as gramas bermuda, por terem rizomas, são mais bem adaptadas e possuem maior resistência (ALVIM et al., 1999).

Antes de 1943, as gramas bermuda eram tidas como plantas invasoras cosmopolitas (CECATO et al., 1996; GOMES et al., 1997) e, somente após a descoberta da variedade Coastal, em 1943, despertou-se o interesse como forrageira (VILELA & ALVIM, 1998), por apresentarem elevado potencial para produção de forragem de boa qualidade (MICKENHAGEN, 1994; HILL et al., 1996; PEDREIRA, 1996), favorável relação folha/colmo e boa cobertura do solo (LUGÃO et al., 1996), sendo usadas tanto na forma de pastejo como na forma de feno (ALVIM et al., 1996; VILELA & ALVIM, 1996 e 1998; HILL et al., 1998). Estas forrageiras são exigentes em fertilidade e respondem muito bem à adubação nitrogenada (ALMEIDA & MONTEIRO, 1995; ALVIM et al., 1998; GOMES et al., 1999).

2.2.1 Origem e caracterização

As pesquisas com cultivares de *Cynodon* tiveram origem nas Universidades da Geórgia e da Flórida, nos Estados Unidos, de uma coleção procedente da África. Nestas Universidades foram conduzidos estudos de melhoramento genético, visando aproveitar o potencial forrageiro deste gênero, principalmente para produção de forragem, desenvolvendo forrageiras melhor adaptadas às condições subtropicais do Sudoeste Americano (VILELA & ALVIM, 1998), lançadas como híbridos naquelas regiões.

Nos últimos cinqüenta anos foram realizados muitos trabalhos de melhoramento de plantas com o objetivo de modificar as características agronômicas e qualitativas das gramas bermudas através do desenvolvimento de híbridos. As principais características dos híbridos são que respondem muito bem à fertilização nitrogenada, são muito produtivos e propagados vegetativamente, são forrageiras de melhor qualidade e maior tolerância ao frio quando comparados à linhagem de grama bermuda comum (VILELA & ALVIM, 1998). Embora a qualidade da forragem tenha aumentado em função do programa de melhoramento genético, o manejo ainda constitui o principal fator que influí neste atributo. Dentre os híbridos das gramas bermuda, são citados: Coastal,

Alicia, Callie, os Tiftons, Coastcross e mais recentemente o Florakirk; e dentre os da grama estrela: os McCaleb, Ona, Florico e Florona.

Em geral, quando o estabelecimento tem que ser rápido e a produção por área não for um fator crítico, as gramas bermuda que se propagam por sementes podem ser de interesse comercial. Por outro lado, em situações que requerem manejo intensivo e altas produtividades, os híbridos são preferíveis. Os híbridos são particularmente indicados para produção de feno, por otimizarem os custos fixos, e para pastejo, por terem alta capacidade de suporte (VILELA & ALVIM, 1998).

2.2.2 O gênero *Cynodon* no Brasil

No Brasil, não existe registro de onde ou como as mais tradicionais cultivares do gênero *Cynodon*, tais como a grama estrela, foram introduzidas, embora os híbridos deste gênero, lançados nos Estados Unidos, terem chegado ao Brasil recentemente, por iniciativa de produtores rurais, estando em fase inicial de avaliação em centros de pesquisa, ainda sem considerar diferenças edafoclimáticas regionais, fato muito importante num país de tamanho continental como o Brasil (VILELA & ALVIM, 1998).

As informações de pesquisa com *Cynodon* no Brasil são poucas. Em artigo de revisão de literatura, relacionada com exigências nutricionais e adubação, MONTEIRO (1996) encontrou apenas um trabalho, conduzido por ALMEIDA & MONTEIRO (1995), que avaliou o efeito de sete doses de nitrogênio, em solução nutritiva, sobre a produção do Coastcross.

Em 1996, foi realizado na Embrapa - CNPGL, localizada em Coronel Pacheco, MG, um *workshop* sobre o potencial forrageiro do gênero *Cynodon*, onde foram sugeridos futuros programas de pesquisas com forrageiras deste gênero no país (ALVIM et al., 1996).

2.2.3 A cultivar coastcross

O capim-Coastcross é uma cultivar deste gênero, sendo um híbrido estéril, obtido do cruzamento entre *Cynodon dactylon* cv. Coastal e *Cynodon nemfluensis* cv. Robusto, sendo esta última uma grama bermuda proveniente do Quênia, de alta digestibilidade e pouco tolerante ao frio (VILELA & ALVIM, 1998).

Segundo HILL et al. (1998) e VILELA & ALVIM (1998), o Coastcross, é muito usado como pastagem e foi bem avaliado, na América tropical (México, Porto Rico, Venezuela e Brasil), principalmente em Cuba. HILL et al. (1998), afirmaram que esta cultivar não é usada nos EUA devido à sua pouca tolerância às baixas temperaturas. Todavia, REMY & MARTÍNEZ (1983), citaram o seu uso nos EUA, mostrando rendimentos satisfatórios.

Esta cultivar não cobre rapidamente o solo, apesar de apresentar estolões vigorosos, deixando-o suscetível a invasão por outras espécies ou mesmo por bermuda comum, principalmente na ausência de adubação nitrogenada (ALVIM et al., 1997). As folhas são macias, apresentando verde menos intenso do que as gramas estrela (HERRERA & HERNÁNDEZ, 1985a). Possui colmos finos (VILELA & ALVIM, 1996), sendo indicado para fenação por desidratar rapidamente e de forma homogênea (REIS, 1996), e uma boa relação folha : colmo (HERRERA & HERNÁNDEZ, 1985b), encontrado nas forrageiras de qualidade superior, entretanto, esta relação modifica-se conforme o manejo (VILELA & ALVIM, 1996). O Coastcross foi adaptado às condições tropicais e, no Brasil, tem apresentado resultados satisfatórios e promissores

para a produção animal em pasto (MARTINEZ et al., 1980, VILELA & ALVIM, 1996), principalmente com bovinos de leite e eqüinos.

Apesar do Coastcross produzir expressiva quantidade de forragem de boa qualidade, o manejo inadequado desta forrageira pode resultar em baixas produções e aumento na infestação por plantas invasoras (RODRIGUES & RODRIGUES, 1996), comprometendo a sua eficiência e persistência, e consequentemente, a produção animal (MATHEWS et al., 1994; VILELA & ALVIM, 1998). Quando o Coastcross é adubado e irrigado adequadamente, produz grande quantidade de forragem de boa qualidade (HERRERA et al., 1986) e apresenta boa distribuição ao longo do ano (ALVIM et al., 1997).

No desempenho comparativo de algumas gramas bermuda, o capim-Coastcross foi superior em produtividade, qualidade e desempenho animal (HATLEY et al., 1974; MISLEVY, 1989a,b; VILELA & ALVIM, 1998).

2.3 Adubação Nitrogenada

O crescimento das plantas depende de um contínuo suprimento de nutrientes no solo, e cada elemento mineral está envolvido em um movimento cíclico, do solo para as plantas, das plantas para os animais e depois, em sistemas de criação extensivo e semi-intensivo, de volta para o solo (HODGSON, 1990), sendo de fundamental importância manejá-las produtivas e persistentes.

Segundo BENINCASA (1988), apesar de ser apenas 10 % da matéria seca acumulada resultante da absorção de nutrientes minerais do solo, estes nutrientes, mesmo de menor expressão quantitativa, são indispensáveis ao crescimento e desenvolvimento vegetal.

São consideradas como fontes de entrada de nutrientes em um sistema, o material de origem do solo, a aplicação de fertilizantes e corretivos, os suplementos alimentares e água, os nutrientes da atmosfera provenientes de precipitações e da fixação simbiótica e não-simbiótica de nitrogênio e a mineralização da lитеira, além do aporte representado pelas fezes e urina dos animais em pastejo. Dentre as saídas, destacam-se a volatilização, a denitrificação, a lixiviação, a percolação, a erosão e a exportação de produtos animais e vegetais (BODDEY et al., 1993; JARVIS et al., 1995).

No processo evolutivo de degradação das pastagens, a deficiência de N no sistema solo-planta-animal é apontada como principal fator (BODDEY & DOBEREINER, 1995; SCOFIELD, 2002), devido aos desequilíbrios, de grande ocorrência no cerrado brasileiro, entre as entradas e saídas deste nutriente (SPAIN et al., 1989, citados por SCOFIELD, 2002; CARVALHO et al., 1990; SOARES FILHO, 1993; BODDEY et al., 1996).

Dos nutrientes minerais essenciais às plantas e animais, N é considerado o mais dinâmico do sistema, tendo suas formas minerais absorvíveis (ions amônio e nitrato), extremamente variáveis e dependentes das condições climáticas e da qualidade dos resíduos culturais (OLIVEIRA, 2000). Com efeito, na maioria dos solos brasileiros, 95 % do N está na forma orgânica, ou seja, indisponível para as plantas (STEVENSON, 1986; URQUIAGA & ZAPATA, 2000). MALAVOLTA et al. (1974) e URQUIAGA & ZAPATA (2000), confirmaram ser o N o nutriente mais limitante na produção agrícola nos trópicos, por proporcionar aumentos imediatos na produção. Contudo, somente a fertilização nitrogenada não resolve o problema por si só, pois, segundo BODDEY & DOBEREINER (1995), a eficiência de absorção de N pela planta nos níveis mais elevados de fertilização é dependente de irrigação ou chuvas regulares.

Em um sistema de produção com pouca entrada de insumos, a única maneira de manter a produtividade das pastagens ao longo dos anos seria através do retorno dos

nutrientes ao solo através dos resíduos vegetais, lembrando que este sistema de produção, não suporta cargas elevadas de animais, sendo o mais importante, quando se trabalha neste tipo de exploração, ajustar a carga animal ao maior nível possível, desde que não prejudique a produtividade da pastagem. Segundo BODDEY et al. (1996), em um sistema de produção onde há pouca ou nenhuma reposição de nutrientes através da fertilização, a utilização da forragem pelos animais não pode ser superior a 50 % do total disponível.

No tocante às plantas invasoras, segundo ALVIM et al. (1997), aplicações de doses elevadas de N e menores freqüências de corte, promovem um bom controle, enquanto que na ausência de adubação nitrogenada e com o uso de cortes mais freqüentes, a presença de plantas invasoras é quase de 100 %.

O N influencia tanto a taxa de expansão quanto a divisão celular, determinando assim, o tamanho final das folhas, mostrando que o N é um dos fatores determinantes da taxa de acúmulo de biomassa (JENSEN et al., 1990), do índice de área foliar e, consequentemente, da radiação interceptada e refletida pelo dossel (JENSEN et al., 1990; FERNÁNDEZ et al., 1994). Um acréscimo no suprimento de N estimula o crescimento (CECATO et al., 1996), atrasa a senescência (WILSON, 1982; SETELICH et al., 1998), e muda a morfologia e estrutura do relvado (BROUGHAM, 1988, citado por GOMIDE, 1997). OLIVEIRA (2000), objetivando avaliar técnicas para recuperação de pastagens, obteve com o suprimento de N, sua maior oferta total de forragem, independente da época do ano.

Segundo JENSEN et al. (1990) e FERNÁNDEZ et al. (1994), maiores teores de N disponível no solo, e consequentemente na planta, causam um aumento significativo no teor de clorofila das folhas, fato este responsável pela redução da refletância em todos os comprimentos de onda da radiação fotossintética ativa na porção visível. Segundo CRESPO et al. (1980) citado por EUCLIDES (1995), plantas adubadas com quantidades superiores a 125 kg de N/ha apresentam 0,14 % de nitrato na forragem, valor que está bem acima do considerado crítico (0,07 %) e que leva o animal a perder peso.

2.4 Análise de Crescimento

As espécies vegetais exploradas economicamente podem ser agrupadas de acordo com o metabolismo de dióxido de carbono em plantas tipo C₃, C₄ e CAM, diferindo em eficiência fotossintética, isto é, resposta a altas intensidades luminosas. No entanto, dentro de cada espécie, os mecanismos de crescimento e desenvolvimento controlam a performance das diferentes cultivares. Do ambiente provém os ingredientes necessários aos processos fisiológicos, porém são os fatores inerentes a cada planta que ditam o padrão de utilização dos recursos ambientais disponíveis. A produção final de uma cultivar é a integral de todas as interações planta-ambiente e, para compreender a natureza dos controles internos da cultivar, são necessárias observações mais detalhadas ao longo do ciclo de desenvolvimento do vegetal.

A comunidade vegetal é dinâmica, sofrendo variações constantes tanto no número como no tamanho, forma, estrutura e composição química dos indivíduos. Durante o desenvolvimento, o vegetal ocupa, nas diferentes fases, diferentes períodos de crescimento e, consequentemente, seria de fundamental importância o conhecimento dos efeitos dos diferentes tratamentos nas plantas a serem analisadas, durante o transcorrer de um determinado experimento (LUCCHESI, 1984).

A análise de crescimento constitui uma ferramenta analítica que permite perceber estas diferenças. O fundamento da análise de crescimento é a medida seqüencial da acumulação da matéria orgânica, e sua determinação é feita considerando

o peso da matéria seca da planta, bem como a área foliar, permitindo acompanhar a dinâmica da produção fotossintética efetiva, dada pelo balanço entre fotossíntese, respiração e perdas devido a senescência de órgãos e tecidos (PEREIRA & MACHADO, 1987). Neste contexto, ROSSILO et al. (1983), informaram que o estudo dos padrões de crescimento e desenvolvimento da área foliar é de importância em pelo menos três direções: em estudos ecofisiológicos, na avaliação de práticas agronômicas e na avaliação fitotécnica de cultivares.

A análise de crescimento identifica as características das plantas associadas às suas adaptações às condições de estresse, bem como seus potenciais de produção sob condições ótimas de crescimento (ANDRADE et al., 2002). Também propicia informações dos efeitos do ambiente sobre as diferenças entre espécies, além de permitir avaliar o crescimento final da planta como um todo e de uma comunidade vegetal, diferenciando a contribuição dos órgãos no crescimento total.

Sabe-se que a morfologia e a fisiologia da planta interagindo com fatores ambientais é fundamental para o entendimento dos problemas de produção e manejo das pastagens. Dentre as variáveis fisiológicas, morfológicas e ambientais, destacam-se a fotossíntese, as reservas orgânicas, o hábito de crescimento, o perfilhamento, o sistema radicular, a luz, a temperatura e a água (HUMPHREYS, 1966; GOMIDE, 1973; HARRIS, 1978; GOMIDE et al., 1979; BLASER et al., 1961, apud MARASCHIN, 1981; SILVA, 2000).

A análise do crescimento em comunidades vegetais foi revisada por PEREIRA & MACHADO (1987), apresentando como são calculados os valores médios e instantâneos das taxas de crescimento, obtidos através dos métodos clássico e funcional de análise de crescimento. Nos trabalhos clássicos de análise de crescimento geralmente aplicam-se equações diferenciais que representam índices fisiológicos com o tempo. Alternativamente, podem-se usar funções ajustadas para representar o comportamento dos índices fisiológicos no tempo. Esta técnica possui limitações, como a dificuldade para o estabelecimento de intervalos de confiança e, ou, fazer comparações estatísticas entre tratamentos. O método funcional de análise de crescimento, onde é efetuado o ajuste das variáveis de crescimento de plantas individuais utilizando funções matemáticas (HUNT, 1978), assume, implicitamente, o crescimento como função contínua do tempo (RADFORD, 1967). Os modelos têm sido elaborados para que a análise de crescimento possa ser utilizada para previsão de produções, sendo possível, em fases precoces do crescimento, detectar deficiências do meio, possibilitando sua correção a tempo de não comprometer a produção final.

A curva de crescimento apresenta forma sigmoidal e permite um tratamento matemático e sua derivação para sua interpretação. A interpretação fisiológica destas diferentes fases de crescimento é a seguinte: no início, a planta depende das reservas da semente ou do propágulo vegetativo para produção dos órgãos que compõem a plântula; após o desenvolvimento do sistema radicular e a emergência das folhas, os processos anabólicos, dependentes da fotossíntese, se traduzem por um rápido crescimento; atingindo o tamanho definitivo, a planta inicia uma fase de senescência, que se reflete, inicialmente, na paralisação da produção de matéria orgânica (MAGALHÃES, 1985). Vários são os modelos matemáticos para expressar o crescimento e seus parâmetros derivados (taxa de crescimento relativo, taxa de crescimento líquido, etc.), fornecendo subsídio para a melhor compreensão dos diferentes processos fisiológicos envolvidos na morfogênese das plantas (CALBO et al., 1989a,b).

Independente das várias dificuldades encontradas para a sua correta aplicação (RADFORD, 1967; HUNT, 1978; PEREIRA & MACHADO, 1987; CALBO et al., 1989a,b), a análise de crescimento ainda é o meio mais simples para avaliar o

crescimento e fazer inferências sobre a contribuição dos diferentes processos fisiológicos sobre o desenvolvimento vegetal.

A descrição do crescimento vegetal é particularmente difícil, pois as avaliações em geral são destrutivas, pela existência de diferenças genéticas (genotípicas), interações genótipo x ambiente, variações ontogenéticas e o efeito de condições anteriores de crescimento influenciarem no posterior comportamento da planta.

Do ponto de vista zootécnico, a análise de crescimento atende aos pesquisadores interessados em conhecer efeitos devido à disponibilidade de nutrientes e água, dentre outros fatores ambientais, em uma mesma espécie forrageira e comparativamente entre espécies, de forma que se possam estabelecer estratégias de manejo dentro de cada sistema de produção de animais. Do ponto de vista agronômico, interessa as diferenças funcionais e estruturais entre cultivares de uma mesma espécie, de forma a poder selecioná-las para melhor atender aos seus objetivos, aplicá-las em programas de melhoramento genético. Diversos autores citados por ARAÚJO (1990), entre eles RODRIGUES et al. (1990), observaram a acumulação de nutrientes e de matéria seca; BRONSIER et al. (1989) apud ARAÚJO (1990), analisaram o crescimento e a fixação de N₂ atmosférico, em resposta à aplicação e remoção de nitrato de amônia; e ABUZINADAH & READ (1989) apud ARAÚJO (1990), estudaram a acumulação temporal de matéria seca e de nitrogênio, com presença ou ausência da associação com fungos micorrízicos.

2.4.1 Matéria seca parcial e total

A análise quantitativa do crescimento é o primeiro passo na análise da produção vegetal e requer informações que podem ser obtidas sem necessidade de equipamentos sofisticados. Tais informações são a quantidade de material contido na planta toda e suas partes, folhas, colmos, raízes, frutos, e o tamanho do aparelho fotossintetizante (principalmente a área foliar), obtidas a intervalos de tempo durante a estação de crescimento do vegetal (BENINCASA, 1988).

As principais taxas de crescimento, segundo RADFORD (1967), são: Taxa de Crescimento Absoluto (TCA), Taxa de Crescimento Relativo (TCR) e Taxa de Assimilação Líquida (TAL). Do ponto de vista zootécnico, além das taxas de crescimento, outras medidas de grande importância são as relações de participação da matéria seca total entre as partes da planta, tais como a relação entre a massa seca de folhas e de colmos (RFC), entre a massa fresca e a massa seca (RMFMS), dentre outras, visto que são através das mudanças ocorridas nestas relações durante seu crescimento que decidirão pela escolha de um ou outro tipo de manejo a ser adotado em um sistema de criação de animais ou de produção de forragem (CARVALHO, 2000).

A determinação da matéria seca (MS) é o ponto de partida da análise dos alimentos, por ser de grande importância, uma vez que a preservação do alimento pode depender do teor de umidade presente no material. Além disso, quando se compara o valor nutritivo de dois ou mais alimentos, é necessário levar em consideração os respectivos teores de matéria seca. No entanto, quando se deseja comparar o resultado de análises realizadas em diferentes épocas, locais ou regiões, sempre se faz essa comparação em base da matéria seca, isto é, como se o alimento fosse constituído de 100 % de matéria seca (SILVA & QUEIROZ, 2002).

A amostra pré-seca ou parcialmente seca refere-se à matéria seca inicial de uma amostra que foi seca em estufa, entre 55 e 65 °C. A secagem definitiva ou matéria seca total diz respeito ao teor de matéria seca total de uma amostra que já foi parcialmente seca, ao ar ou em estufa. Os termos secagem definitiva, matéria seca total ou matéria

seca referem-se a uma amostra que tem toda umidade removida (SILVA & QUEIROZ, 2002).

O N, segundo SCOFIELD (2002), no processo de recuperação de pastagens, mostrou-se de grande importância, por ter elevado a produção de matéria seca total (MST), independente da época do ano, e por possibilitar o prolongamento no desenvolvimento das plantas forrageiras, mesmo aproximando-se da estação seca.

- Partição da parte aérea

Segundo AKIN et al. (1977), pode-se relacionar o potencial de digestibilidade de uma planta com o percentual de suas diferentes partes e tecidos vegetais, ou com tecidos específicos. Neste contexto, VENTRELLA et al. (1997a,b), comparando três espécies do gênero *Cynodon*, encontrou para o *Cynodon dactylon*, maior proporção de tecidos facilmente digeríveis, ou seja, menos lignificados, e de melhor composição bromatológica.

A participação da planta tem sua importância não só para conhecer seus percentuais, mas também para diferenciar estas partes na análise bromatológica. Muitos autores afirmam ser a folha, o tecido de melhor valor nutritivo (LUGÃO et al., 1996) e para obter-se a relação entre as partes e o total (GOMIDE & QUEIROZ, 1994), fundamental na escolha do manejo a ser adotado, como o intervalo entre cortes, a pressão de pastejo, ou mesmo a fertilização do solo.

LUGÃO et al. (1996) encontrou valores elevados para o percentual de folhas verdes nas cultivares Coastcross e Ipeame, sendo de grande importância no valor nutritivo e no consumo da forragem. Segundo GOMIDE & QUEIROZ (1994), quanto maior a relação folha : colmo (RFC), maior o seu valor nutritivo, devido ao fato de serem as folhas a fração da forrageira mais rica em proteína bruta e fósforo, e contendo menos fibra, portanto, mais digestiva. O N aumentou a produção de MST, mas o aumento na produção de colmo foi superior ao aumento gerado para folhas, consequentemente, houve uma redução na relação folha : colmo (GOMES et al., 1997).

- Sistema radicular

Somente a partir da década de 60 as raízes começaram a receber uma melhor atenção por parte de morfologistas e fisiologistas vegetais e cientistas de solo (FISHER & DUNHAM, 1984). E mesmo recentemente, SCURLOCK & HALL, (1998), estimaram que menos de 10 % dos estudos mundiais sobre forrageiras, tenham feito medições da produção da biomassa radicular.

A função primária das raízes é a absorção de água e íons da solução do solo (KRAMER & BOYER, 1995), contudo, exerce outras funções de grande importância, tais como a fixação dos vegetais no solo, diferenciação do sistema vascular e atividades metabólicas (CHIRQUI et al., 1996), respondendo pela produção de muitos promotores e reguladores do crescimento da parte aérea (FITTER, 1991; ATKINSON, 2000). Dentro suas funções secundárias, encontra-se a produção e armazenamento de metabólitos secundários e a capacidade fotosintética de raízes de algumas espécies epífitas (FITTER, 1991; MATTA, 1999).

As raízes das gramíneas forrageiras, além das funções supracitadas, podem ajudar no processo de formação e estabilização dos agregados do solo (DOORMAR & FOSTER, 1971), aumentar ou conservar o teor de matéria orgânica no solo (MIELNICZUCK, 1999) e favorecer relações harmônicas de simbiose com a micro e mesofauna do solo (TISDALL, 1996; OLIVARES, 1997; SIQUEIRA & MOREIRA, 1997; PACOVSKY, 1999).

O crescimento das raízes das gramíneas forrageiras, ao penetrar horizontes sub-superficiais, pode contribuir à reciclagem nutrientes lixiviados em profundidade (BODDEY et al., 1996; FOY, 1997), e suprir o requerimento de nutrientes da parte aérea (JACKSON et al., 1999), alem de favorecer a sua descompactação, principalmente nos horizontes argilosos (CAMARGO FILHO, 1999), contribuindo assim para o controle das perdas erosivas e modificando a infiltração e o armazenamento de água do solo.

A atividade radicular produz modificações químicas na sua rizosfera, resultante de mecanismos de absorção iônica e exudação de compostos (VOGT et al., 1998), podendo aumentar a disponibilidade de nutrientes e, ou, reduzir a atividade de elementos potencialmente tóxicos, estudados, por sua ligação direta com a eficiência de absorção e utilização de nutrientes (FERNANDES & ROSSILO, 1995).

Diversos autores citados por FRANÇA et al. (1999), consideram, quanto à absorção de N, a dependência não apenas dos parâmetros cinéticos, mas da complexa interação entre estes parâmetros, o estágio de desenvolvimento do sistema radicular, e a concentração e forma iônica do N na interface raiz-solução. A eficiência da utilização do N dependerá, então, da sua disponibilidade no solo e da eficiência com a qual a planta absorve o nutriente (FERNANDES & ROSSILO, 1986), fator este determinado pelo tamanho e morfologia do sistema radicular (MACKAY & BARBER, 1986).

De acordo com MEIRELLES (1993), quando a produção de matéria seca total em uma pastagem diminui sensivelmente, ou seja, já em vias de degradação, a planta forrageira já reduziu drasticamente o seu sistema radicular. Entretanto, pouco ainda se conhece dos efeitos das práticas de manejo da parte aérea das forrageiras sobre a arquitetura e o desenvolvimento do sistema radicular.

Em síntese, o estudo da estrutura e função dos sistemas radiculares, é, em termos gerais, essencial para a compreensão de processos ao nível do *continuum* solo-planta-atmosfera. No caso dos ecossistemas de pastagens especificamente, seu estudo justifica-se pela importância econômica das pastagens e sua sustentabilidade.

Como órgãos vegetativos, as raízes possuem a sua própria fenologia. Este aspecto torna-se especialmente complicado em pastagens de gramíneas perenes, onde o sistema radicular forma um tapete denso de raízes vivas e mortas, e a formação de raízes novas ocorrem simultaneamente com a morte e decomposição de raízes velhas (STEEN, 1984), determinando um padrão mais complexo de variabilidade temporal do que nas gramíneas anuais (FITTER et al., 1996).

Após a desfolhação ocorre uma redução dos carboidratos de reserva, principalmente nas gramíneas tropicais, sendo disponibilizados para a manutenção e crescimento do sistema radicular, ressaltando que fatores como sistema radicular vigoroso aliado a condições ambientais, influenciam a resposta das plantas forrageiras à desfolhação e condicionam a persistência da produtividade da pastagem (RODRIGUES, 1998; CARVALHO et al., 2001).

Em situações de desfolhação extrema, a exportação de fotoassimilados pode cessar inteiramente, limitando severamente a respiração, a absorção iônica e o crescimento das raízes (ROBSON et al., 1988). Pesquisas conduzidas em pastagens de clima temperado indicam que uma alta taxa de herbivoria, reduziu a biomassa radicular (BARDGETT et al., 1998).

Na nutrição mineral de plantas o estudo de características radiculares é importante, visto que SANCHEZ & SALINAS (1981), observaram que o fósforo (P) é o principal nutriente limitante do crescimento radicular, principalmente no estabelecimento de pastagens.

2.4.2 Área foliar

A importância da área foliar no manejo das pastagens vêm sendo destacada por diversos autores, entretanto, muitos dos dados relacionados ao crescimento e ecofisiologia foram gerados em plantas de regiões temperadas, com pouca informação disponível para a maioria das espécies tropicais (ANDRADE et al., 2002).

Entre todas as variáveis relacionadas ao crescimento e produção de plantas, a área foliar, interceptação de luz, fotossíntese e ambiente luminoso são muito importantes, visto que 90 % do peso de matéria seca das plantas é devido à assimilação fotossintética de carbono (PEDREIRA et al., 1998).

A quantidade de área foliar total é uma função do número total de perfis, da área e do número de folhas por perfil (CHAPMAN e LEMAIRE, 1993). O N opera simultaneamente sobre ambos os processos: a emissão de perfis e a taxa de expansão foliar (VAN KEULEN et al., 1989). De forma geral, os efeitos do N sobre o crescimento vegetativo, ou seja, formação de novos órgãos, são mediados por efeitos diretos do 'status' de N na fotossíntese bruta foliar, ou indiretos, via disponibilidade de carboidratos (VAN KEULEN et al., 1989).

O índice de área foliar (IAF) 'ótimo' é aquele capaz de interceptar 90 % da radiação incidente fotossintética ativa (NORMAN & ARKEBAUER, 1999). A maioria das espécies de interesse econômico tem um IAF ótimo conhecido e específico, dentro de um dado ambiente de cultivo. A orientação foliar é um importante componente do coeficiente de interceptação, relacionado com a mudança na qualidade do fluxo incidente e a profundidade de sua penetração no dossel (RUSSELL et al., 1989; SINCLAIR & HORIE, 1989; SERRANO et al., 1995).

O aumento excessivo do teor de N foliar deve propiciar, principalmente, aumento da área foliar expandida que, por efeitos de sombreamento e aumento da resistência estomática, deve conduzir ao declínio a fotossíntese líquida do dossel (FERNANDES & ROSSILO, 1995), confirmado por ANDRADE et al. (2002), que constataram uma curva de resposta sigmoidal para área foliar de capim-elefante cv. napier, em todas as doses de N e potássio (K), irrigada ou não.

2.4.3 Caracterização espectral

Por ser fonte primária de energia relacionada à fotossíntese, a luz é um dos principais fatores que influenciam o crescimento dos vegetais (CAMPOS & UCHIDA, 2002). No entanto, não se pode quantificar a importância da fotossíntese e dos nutrientes separadamente, pois é conhecida a existência de uma estreita relação destes, de tal forma que deficiências em um, prejudicam o outro, direta e, ou, indiretamente.

A caracterização do espectro de uma planta é a representação gráfica da reflectância em faixas de comprimento de onda estreitas e adjacentes (FONSECA et al., 2002). Esta, representa detalhadamente a interação entre a radiação e a planta estudada, onde qualquer variação de amplitude nessa caracterização, indica propriedades espectrais desta planta específica (STEFFEN & MORAES, 1993).

De modo geral, a reflectância da vegetação modifica-se com o comprimento de onda. Na região do visível, a reflectância não ultrapassa 10 % da radiação incidente e caracteriza-se pela acentuada absorção, produzida pelos pigmentos dos cloroplastos (STEFFEN & MORAES, 1993). Os pigmentos que mais influenciam na reflectância, nesta faixa de comprimento de onda, são as clorofitas 'a' e 'b' e os carotenóides (HALL & RAO, 1994).

Acima de 700 nm, ocorre um gradiente, marcando uma transição, para uma elevada reflectância, de 40 a 60 %, no infravermelho próximo (FONSECA et al., 2002), como consequência do espalhamento de radiação no mesófilo, pela interação entre a radiação e a estrutura interna das folhas, e devido ao maior número de folhas no dossel (PATEL et al., 1985; WALTER-SHEA et al., 1991; LAW & WARING, 1994).

A refletância na faixa de comprimento de onda visível e do infravermelho próximo tem sido muito utilizada para descrever a arquitetura das plantas, como IAF, e também descrever sua biomassa (SCURLOCK & PRINCE, 1993; FERNANDEZ et al., 1994), porém, no Brasil, apenas o trabalho de FONSECA et al. (2002) é encontrado na literatura fazendo uso desta técnica para forrageiras no Brasil.

A competição por luz reduz a interceptação pela planta, devido à redução na intensidade do fluxo fotossintético, e também muda a composição do ‘espectro de luz’, diminuindo a luz azul e a razão vermelho : infra vermelho. Esta mudança na qualidade de luz resulta em respostas morfogenéticas da planta mediadas por diferentes fotorreceptores (GAUTIER et al., 1999).

Os efeitos morfogênicos da qualidade da luz também controlam o perfilhamento através do sistema fotocromo reversível, principalmente nas porções que estão sujeitas ao sombreamento devido ao desenvolvimento do dossel (DEREGIBUS et al., 1985). Assim as plantas estão freqüentemente sujeitas a variações na razão vermelho : infra vermelho na energia luminosa incidente. A proporção de vermelho (600-700 nm) : infra vermelho próximo (700-800 nm) da luz que atinge as plantas ou partes das plantas no dossel será uma consequência do número de folhas, seu ângulo de disposição e a contribuição relativa da radiação difusa e direta recebidas (SMITH, 1981).

Quando a irradiância fotossintética dentro do dossel é reduzida, o perfilhamento também será reduzido pela diminuição no número de gemas locais, pela redução da intensidade luminosa fotossintética, e a falta de desenvolvimento de algumas gemas já existentes, em razão do efeito combinado da baixa razão vermelho : infra-vermelho e da menor intensidade luminosa fotossintética (GAUTIER et al., 1999). Portanto, é esperado que, flutuações estacionais na qualidade de energia luminosa recebida produzam uma variação correlata da área foliar, dentro de um ciclo anual de crescimento, e, com isso, mudanças nas densidades populacionais de perfilhos, considerando-se que a média de vida de um perfilho seja menor que um ano (MATTHEW et al., 1999).

2.4.4 Composição bromatológica

A análise dos alimentos é um dos principais pontos a ser observado na nutrição animal. A composição químico-bromatológica, que enfoca a qualidade, através do método de Weende (SILVA & QUEIROZ, 2002), é considerada o primeiro passo na avaliação de qualquer alimento (LANÇANOVA et al., 2002), apesar de não proporcionar uma análise precisa dos alimentos, somente obtida através do valor nutritivo.

Numa tentativa de resolver a limitação do método de Weende (usado desde 1864), VAN SOEST (1967) propôs a divisão dos componentes da amostra analisada em conteúdo celular, através da análise de Fibra solúvel em Detergente Neutro (FDN); e componentes da parede celular, através da análise das Fibras solúveis em Detergente Ácido (FDA), dando seqüência à análise de lignina e celulose. Segundo SILVA & QUEIROZ (2002), quanto ao aspecto nutricional, o método de Van Soest separa melhor os diversos componentes da fração fibrosa, sendo desejável a substituição da tradicional análise de fibra bruta (FB), pela fibra em detergente ácido (FDA).

Na realidade, os métodos de Weende e de Van Soest fornecem informações suficientes sobre a composição química de determinado alimento, porém, quanto maior o percentual que este perfaz na dieta, maior é a necessidade de informações adicionais, como minerais, vitaminas, proteína real ou verdadeira, teores de aminoácidos, ácidos graxos específicos, carboidratos solúveis, energia e estimativa do valor nutritivo por meio de testes de digestibilidade *in vitro*, etc.

O método de Van Soest para a determinação da qualidade da forragem, apresenta vantagens em relação ao de Weende, em virtude de sua precisão e rapidez, além de fornecer informações sobre importantes componentes do tecido vegetal.

A qualidade da forragem é um dos aspectos básicos determinantes da eficiência das plantas forrageiras na pastagem, sendo afetada por diversos fatores. A idade da planta, sendo um destes fatores, influí a partir de uma mudança na relação folha : colmo, aumento de tecidos de sustentação, e proporcionalmente menos N, em decorrência da maturidade dos tecidos da planta (HODGSON, 1990; LEMAIRE et al., 1995). Outros fatores, além da idade fisiológica da planta (MELLO et al., 2002), são a disponibilidade de nutrientes e água (LUGÃO et al., 1996; PEYRAUD & ASTIGARRAGA, 1998; ALVIM et al., 1999), as condições ambientais sazonais de temperatura e umidade (VENTRELLA et al., 1997a; HERINGER & JACQUES, 2002), o sistema de manejo adotado (HERINGER & JACQUES, 2002), a variação entre e dentro de espécies (GOMES et al., 1999; MENEGATTI et al., 1999 e 2002; ANDRADE et al., 2002), além da variação entre as partes da planta (GOMES et al., 1997; VENTRELLA et al., 1997a,b).

O valor nutritivo de uma forrageira é definido, por GOMIDE (1985), como sendo a capacidade da forrageira em fornecer, ao ruminante, os nutrientes de que necessitam, em quantidades que satisfaçam suas exigências a fim de permitir-lhe exercer suas funções, destacando-se energia e proteína, além de minerais e vitaminas.

Uma das justificativas pela qual a maioria dos produtores queima seus campos e pastagens consiste na suposta melhoria na qualidade da forragem, decorrente da rebrota após o fogo (HERINGER & JACQUES, 2002), porém esta melhoria é temporária (FONTANELI & JACQUES, 1988; BRÂNCIO et al., 1997), visto que as plantas sob queima aceleram seu desenvolvimento e atingem o estágio reprodutivo antecipadamente (McATEE et al., 1979). Segundo BRÂNCIO et al. (1997) e PIZZIO et al. (1997), considerando que os animais são capazes de selecionar as forragens de melhor qualidade em uma pastagem, a queima não é justificada quando se pretende aumentar o valor nutritivo da forragem na pastagem.

A qualidade da forragem, juntamente com outros aspectos levantados em áreas sem queima, revela as grandes possibilidades de aumento na produção animal com poucos investimentos, sem agredir o meio, e com manejo mais racional (HERINGER & JACQUES, 2002). O uso de fertilizantes, principalmente o nitrogenado, é uma alternativa tecnológica muito eficaz para não somente aumentar a produção de forragem, mas também a sua qualidade e o valor nutritivo das forrageiras (BERRETA et al., 1999; HERINGER & JACQUES, 2002), prevenindo a degradação, observada em alta incidência sobre as pastagens no Brasil, e melhorando a sustentabilidade deste recurso, sem destruir a vegetação (BERRETA et al., 1999).

O nível de N disponível para os animais, ou seja, a concentração de proteína bruta nas forragens pode ser o fator principal afetando a digestibilidade, pois, em geral, se encontra em reduzidas concentrações com seus valores variando de 4 a 6 % (RAYMOND, 1969).

A deficiência de proteína limita o desempenho animal em dois níveis: a) teor insuficiente de proteína para possibilitar a produção máxima, ou b) consumo de proteína

inferior ao nível crítico, o que reduz a produtividade dos microorganismos do rúmen, diminuindo as taxas de digestão e consumo voluntário (AGUIAR, 1998). Nas gramíneas tropicais, de acordo com GOMIDE & QUEIROZ (1994), o nível crítico de proteína está entre 6 e 7 % para garantir uma boa fermentação no rúmen, porém, valores mais altos são necessários para atender as exigências proteicas do organismo animal, como por exemplo, cerca de 11 % de proteína bruta para novilhos em engorda.

ALVIM et al. (1999), obtiveram valores elevados de proteína bruta em Tifton-85, especialmente com a maior freqüência de corte nas águas e menor na seca, e com o maior nível de N, com resposta linear, enquanto que SCOFIELD (2002), não obteve influência do fornecimento de N, através da adubação, nos teores do nutriente nas plantas de *B. brizantha*, apesar de ter proporcionado maior produção, refletindo em um aumento no conteúdo total acumulado.

2.4.5 Perfilhamento

Segundo HODGSON (1990), o perfilho é a unidade básica da produção de gramíneas, sendo este, um ponto de crescimento localizado na bainha das folhas e suportado pelo sistema radicular, possuindo importância ímpar no que diz respeito a produtividade e sustentabilidade dos sistemas de pastejo utilizados com qualquer planta forrageira, e as densidades e pesos dos perfilhos apresentam correlação positiva com a produção de forragem.

A morfogênese de plantas pode ser definida como a dinâmica de geração (genésis) e expansão da forma (morfo) da planta no espaço (CHAPMAN & LEMAIRE, 1993). Os perfilhos aparecem na ordem natural da sucessão foliar determinada geneticamente, mas são as condições de ambiente (LEMAIRE & AGNUSDEI, 1999), juntamente com a expressão genética da planta, que decide qual gema será a primeira a se desenvolver (LANGER, 1956). MITCHELL (1953b) e GAUTIER et al. (1999), demonstraram que o perfilhamento foi afetado pela intensidade de luz e temperatura, e que o efeito de ambos era dependente do genótipo da planta. NABINGER & MEDEIROS (1995), afirmaram ser o genótipo das plantas forrageiras que determina a velocidade de expansão de folhas e o potencial de perfilhamento das mesmas, desde que não haja condições limitantes de crescimento. Para plantas espaçadas, o perfilhamento depende principalmente do filocrono (DAVIES & THOMAS, 1983), enquanto que em relvados mais densos, o maior perfilhamento ocorre essencialmente em função do maior desenvolvimento das gemas (GAUTIER et al., 1999). Estes comportamentos são dependentes da qualidade de luz recebida pelas plantas individuais integrantes de uma comunidade (DEREGIBUS et al., 1985). À medida que a densidade populacional de perfilhos aumenta, as plantas competem por luz, nutrientes, espaço no dossel e água, chegando a um limite máximo de competição, que leva ao acréscimo da taxa de mortalidade e decréscimo da taxa de natalidade (KAYS & HARPE, 1974). Após este ponto, o desenvolvimento do dossel tende a entrar em equilíbrio.

O ponto de crescimento tem a capacidade de desenvolver novas gerações de perfilhos oriundos de cada uma de suas folhas individuais (CARVENALLI & Da SILVA, 1999), podendo ser classificados, quanto à localização de sua gema de crescimento, em basais ou laterais (LANGER, 1963) e quanto ao seu estágio de desenvolvimento, em vegetativos ou reprodutivos (JEWISS, 1972). Os perfilhos individuais têm um determinado tempo de vida que pode ser de mais de um ano, ou apenas algumas semanas (HODGSON, 1990).

Os principais fatores de ambiente relacionados ao perfilhamento são temperatura, luz, suprimento de água e nutrição mineral (LANGER, 1979). Estudos conduzidos acerca da influência destes no perfilhamento, possibilitaram verificar que o

efeito de um fator qualquer está associado à magnitude ou intensidade dos outros (LAUDE, 1972).

O ótimo de temperatura para o crescimento das espécies está associado ao ciclo fotosintético que as plantas realizam (LANGER, 1963; RODRIGUES & RODRIGUES, 1987). A taxa de perfilhamento é positivamente influenciada pela temperatura e o ótimo de temperatura para o perfilhamento normalmente é menor que para o aparecimento de folhas (PARSONS & WILLIAMS, 1982). A produção de gemas laterais não é muito afetada pelas condições de ambiente, mas o desenvolvimento e a emergência dos perfilhos é altamente dependente destas gemas (MITCHELL, 1953a).

A intensidade luminosa parece ser o fator de ambiente mais limitante na dinâmica do perfilhamento em gramíneas, pois muitas espécies tem sido examinadas e, sem exceção, as maiores intensidades luminosas favoreceram o perfilhamento (LANGER, 1979). De acordo com ROBSON et al. (1988), o perfilhamento é estimulado por altos níveis de radiação solar incidente, enquanto que, em níveis baixos, o crescimento de gemas axilares e basais é reduzido. Para exemplificar, pastos de azevém perene atingiram seu valor máximo em abril, o que foi atribuído à maior disponibilidade de luz e temperatura (COLVILL & MARSHALL, 1984). O aumento no aparecimento de perfilhos, em resposta ao aumento da razão vermelho : infravermelho da radiação incidente, tem sido demonstrado para um grande número de gramíneas (GAUTIER et al., 1999). A partir de estudos de ambientes controlados e experimentos de sombreamento em condição de campo, determinou-se que o principal efeito da redução na radiação, sobre o crescimento e desenvolvimento de gramíneas, é a redução na produção de perfilhos (LANGER, 1963; MARSHALL, 1987).

Tal como em outras plantas, o florescimento em gramíneas, com exceção de algumas espécies de dias neutros, é controlado pelo fotoperíodo, e este parece ser o fator que mais afeta diretamente o florescimento, como constataram RYLE (1966), em *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata* e *Festuca pratensis*, e SANTOS (1997), em *Panicum maximum* (Jacq), cultivares Mombaça e Tanzânia. Contudo, segundo LANGER (1956), alguns outros fatores de ambiente são necessários para completar a resposta do fotoperíodo. Esse autor observou uma relação linear entre a idade média dos perfilhos e o seu florescimento, onde a maior parte dos perfilhos morreu durante o curso de um ano, principalmente por terem iniciado o processo de florescimento.

Os perfilhos de uma mesma planta constituem uma população heterogênea de colmos com pronunciadas diferenças fisiológicas e morfológicas, portanto, as respostas variadas em termos de florescimento, devido à influência de fatores de ambiente, refletem essas diferenças (LANGER, 1956).

Em muitas espécies de gramíneas temperadas já se conhecem os padrões programados de nascimento e morte de perfilhos, os quais apresentam grandes flutuações estacionais, que segundo MATTHEW et al. (1999), podem ser manifestação de uma estratégia de perenização, freqüentemente associada com o florescimento. A morte de perfilhos vegetativos resulta de muitos processos, incluindo sombreamento, pastejo severo, arranquio, deposição de fezes e urina, pisoteio, florescimento, competição por nutrientes, doenças ou predação por insetos (ONG et al., 1978; COLVILL & MARSHALL, 1984; L'HUILLIER, 1987).

Segundo LANGER (1956), as taxas de mortalidade dos perfilhos geralmente aumentam com sua idade, de forma que a sobrevivência do pasto é conseguida através da produção contínua de novos perfilhos e pela habilidade destes em permanecerem vivos por algum tempo. Contudo, existe um consenso no que diz respeito à queda marcante na densidade populacional de perfilhos vegetativos quando do advento do crescimento reprodutivo, principalmente se esse fenômeno fisiológico acontecer por um

período de tempo prolongado (ONG et al., 1978; KORTE et al., 1984; KORTE, 1986; HERNANDEZ GARAY et al., 1997). Este fenômeno é interpretado em termos de relações 'source-sink', como uma alocação preferencial de carboidratos e outros fatores de crescimento às inflorescências em desenvolvimento.

HODGSON (1990), inferiu que as variáveis do pasto que apresentam maior influência sobre a produção de forragem são a altura do dossel e o IAF, principalmente quando se trata de gramíneas forrageiras de porte baixo e com alto potencial de perfilhamento. No entanto, uma avaliação mais detalhada da área foliar do dossel deve levar em conta a taxa de expansão de folhas, densidade populacional de perfilhos e o número de folhas por perfilho, uma vez que o IAF é função da interação entre eles (CHAPMAN & LEMAIRE, 1993).

Enquanto a altura e o IAF são características relevantes para a determinação das respostas em produção de forragem, através do controle que exercem sobre a interceptação luminosa e da morfogênese da planta, elas não são determinantes diretas das taxas de senescência observadas em pastos pastejados continuamente (LEMAIRE & AGNUSDEI, 1999).

Existe uma relação inversa entre peso e número de perfilhos, que exerce um efeito compensatório sobre o acúmulo de forragem, indicando a existência de um mecanismo de auto-restrição, cuja severidade parece ser proporcional à densidade populacional e ao peso de perfilhos (YODA et al., 1963; WESTOBY, 1984; MATTHEW et al., 1995). Portanto, a adoção de diferentes manejos do pastejo com base simplesmente em maior número de perfilhos por área pode, muitas vezes, não significar maior produtividade de forragem (NELSON & ZARROUGH, 1981; KORTE et al., 1984). O reconhecimento da variação nos padrões demográficos do perfilhamento, fornece uma base para um 'ajuste-fino' dos sistemas de manejo do pastejo, visto que a manipulação destes padrões tem gerado aumentos significativos na produtividade das pastagens em situações específicas (MATTHEW et al., 1999).

Uma grande proporção de perfilhos vegetativos indica que os animais poderiam ter oportunidade de selecionar forragem de alta qualidade, além da rebrotação seguida ao pastejo poder ser maximizada devido aos meristemas apicais permanecerem vivos (MITCHELL et al., 1998). Contudo, CHAPMAN et al. (1984), afirmaram que os perfilhos recém-nascidos podem ser muito representativos em termos de demografia, todavia sua contribuição para a massa de forragem do pasto é pequena, podendo ser até mesmo negligenciada.

Segundo LANGER (1979), há bastante informação sobre a importância da nutrição mineral no perfilhamento de gramíneas, e, tanto em cereais quanto em gramíneas utilizadas sob pastejo, a produção de perfilhos é bastante afetada, principalmente pela elevação no suprimento de N, P e K, além de outros nutrientes em menor escala. O N assume papel muito importante no crescimento e produção das plantas forrageiras, pois eleva-se o número de perfilhos por planta (LANGER, 1963), até o nível em que se chega a um perfilhamento máximo, quando o aumento em peso dos perfilhos passa a ter maior importância (NELSON & ZARROUGH, 1981).

Os sistemas de manejo do pastejo que visam explorar o máximo potencial de produção líquida das pastagens devem estar baseados em altas taxas de perfilhamento, exigindo corte dos meristemas apicais e altos níveis de fertilidade do solo (XIA et al., 1990). O manejo adequado da pastagem somente será atingido através do reconhecimento dos fatores que interagem dentro do relvado, tais como taxas de aparecimento, persistência, senescência e morte dos órgãos das plantas, principalmente em condições de pastejo, para as diferentes espécies forrageiras, nas diferentes épocas do ano agrícola.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Delineamento Experimental

Foram utilizados um total de 120 vasos, dispostos segundo um delineamento experimental inteiramente casualizado, sendo 80 vasos para avaliação de matéria seca, área foliar, radiação e composição bromatológica e, 40 vasos, para avaliação do perfilhamento.

3.2 Local e Período Experimental

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação, no Departamento de Solos do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, no período compreendido entre os meses de janeiro e julho de 2002. As coordenadas geográficas locais são: 22° 45' S e 43° 41' W e altitude de 33 m sobre o nível do mar.

3.3 Clima

O clima da região é caracterizado como quente e úmido no verão, sem invernos pronunciados, e muito secos. Este tipo climático, embora não corresponda exatamente ao clima de savanas, enquadraria no tipo Aw da classificação de Köppen.

Durante o período experimental, a temperatura e a umidade relativa do ar (URA), dentro da casa de vegetação, foram acompanhadas diariamente.

3.4 Substrato

Para o crescimento das plantas foi utilizado um substrato, constituído de terra peneirada (4 mm) e seca ao ar, proveniente do horizonte A de um Planossolo série Ecologia, de ocorrência na área experimental do Laboratório de Pesquisas em Saúde Eqüina (EQUILAB) da UFRRJ. Em 22 de novembro de 2001, foram obtidas, na área original do solo, duas amostras compostas, cada uma com duas subamostras, para análise da fertilidade do solo. As análises foram feitas de acordo com a metodologia recomendada pela EMBRAPA (1997), exceto para análise do carbono orgânico, na qual utilizou-se o método de Dumas (Tabela 1).

Tabela 1 – Resultados da análise química das amostras compostas do solo (Planossolo série Ecologia) utilizado no presente experimento

Profundidade (cm)	pH H ₂ O	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H+Al	Al ⁺³	K ⁺	C g/kg	P μg/kg
0 – 20	5,55	0,08	0,45	0,35	1,75	0,25	0,05	10,0	5,5

Cada vaso, com capacidade para 20 litros, recebeu 20 dm³ de substrato, o qual foi acondicionado a uma densidade média de 1,147 kg/dm³.

3.5 Espécie Vegetal

Segundo MITIDIERI (1983), a espécie estudada classifica-se, de acordo com o 'Sistema Engler', como: divisão Angiospermae; classe Monocotyledoneae; ordem

Graminales; Família Gramineae; subfamília Eragrostoideae. As plantas são pertencentes ao gênero *Cynodon*; espécie *Cynodon dactylon*; cultivar 'Coastcross-1'.

3.6 Calagem

A recomendação da calagem foi feita segundo a metodologia da EMBRAPA, descrita por DE POLLI (1988), no Manual de Adubação para o Estado do Rio de Janeiro. Previamente ao plantio, no dia 21 de janeiro de 2002, os vasos receberam uma aplicação de calcário dolomítico (85 % PRNT), equivalente a 1,41 t/ha (Tabela 2), homogeneizado nos 20 dm³ de substrato em cada vaso. Os vasos foram incubados, à capacidade de campo, durante um mês, quando foi realizado o plantio.

3.7 Adubação Fosfatada

Recomendada a partir do Manual de Adubação para o Estado do Rio de Janeiro (DE POLLI, 1988), foi aplicado o equivalente a 500 Kg/ha (Tabela 2), de superfosfato simples, na ocasião do plantio, em 21 de fevereiro de 2002. A adubação fosfatada foi localizada abaixo e ao lado dos propágulos vegetativos.

3.8 Adubação Potássica

A adubação potássica calculada a partir da recomendação do Manual de Adubação para o Estado do Rio de Janeiro (DE-POLLI, 1988), sendo aplicado o equivalente a 100 Kg/ha (Tabela 2) de cloreto de potássio, por cobertura, de maneira parcelada, segundo EIRA et al. (1988), sendo um terço na ocasião do plantio, em fevereiro de 2002 e os dois terços restantes no corte de uniformização, 60 dias após o plantio.

3.9 Adubação Nitrogenada

Para a adubação nitrogenada, uma das variáveis em questão, foram utilizadas quatro doses crescentes de nitrogênio, equivalentes a zero, 100, 200 e 300 Kg de N/ha (Tabela 2), na forma de uréia, aplicadas de forma parcelada, um terço ao plantio, em fevereiro de 2002 e dois terços no corte de uniformização, 60 dias após o plantio, segundo EIRA et al. (1988).

Tabela 2 – Corretivo, fonte dos nutrientes e quantidade de calcário e de fertilizantes utilizados

Fonte	Recomendação (kg/ha)	Equivalência em g/vaso
Calcário Dolomítico (85 % PRNT)	1.410	14,12
Superfosfato simples	500	5
Cloreto de potássio	100	1
Uréia – tratamento 1	0	0
Uréia – tratamento 2	222	2,22
Uréia – tratamento 3	444	4,44
Uréia – tratamento 4	667	6,67

3.10 Plantio

O plantio foi realizado no dia 21 de fevereiro de 2002, trinta dias após a calagem, utilizando-se três propágulos vegetativos selecionados por vaso (PAULINO et al., 1997), cada qual com três gemas.

3.11 Irrigação

Os vasos foram irrigados diariamente, de forma a manter o teor de umidade do substrato em torno da capacidade de campo, de 12 %, p/p.

3.12 Corte de Uniformização

Foi realizado um corte de uniformização, 60 dias após o plantio, a 5 cm do solo, deixando-se apenas oito perfis basais por vaso, sendo esta data considerada tempo zero para efeito das coletas das amostras.

3.13 Matéria Seca

Após o corte de uniformização, o crescimento das plantas foi acompanhado durante 70 dias, período no qual foram feitas cinco coletas totais (retirada do vaso) a intervalos de 14 dias. Em cada coleta, 16 vasos eram retirados, sendo quatro vasos de cada tratamento, totalizando 80 vasos para estas análises.

Os vasos retirados a cada coleta tiveram sua parte aérea cortada ao nível do solo e suas raízes lavadas para posteriores análises.

3.13.1 Parte aérea

- Partição da planta

As amostras de parte aérea foram pesadas para obtenção da massa fresca, e depois separadas, e pesadas, em folhas verdes (FV), folhas senescentes (FS) e colmos (C), considerando colmos e pseudocolmos.

As folhas senescentes e os colmos foram colocados em estufa de ventilação forçada de ar, permanecendo a 65 °C, até peso constante. As folhas verdes foram digitalizadas, utilizando o Scanner HP Precision, com resolução de 100 dpi, visando o seu posterior processamento para obtenção da área foliar e, depois foram colocadas em estufa de ventilação forçada, permanecendo a 65 °C, até peso constante.

As amostras pré-secas foram pesadas, para obtenção da produção de matéria pré-seca ou, segundo SILVA & QUEIROZ (2002), chamada de ASA (Amostra seca ao ar), e cálculo do percentual de matéria pré-seca (seca a 65 °C), necessário para o cálculo da matéria seca total.

Em seguida, as amostras de folhas verdes e de colmos foram moídas em moinho tipo Willey, a 2 mm.

- Avaliação da composição bromatológica

As amostras pré-secas e moídas foram submetidas à análise de matéria seca total, proteína bruta e fração fibrosa.

Para a análise da matéria seca total (MST), utilizou-se a metodologia descrita por SILVA & QUEIROZ (2002), onde as amostras de folhas verdes e de colmos previamente moídas foram novamente colocadas, separadamente, em estufa de ventilação forçada de ar, permanecendo à 105 °C por um período de 16 horas. Os pesos foram aferidos novamente para o cálculo da amostra seca em estufa a 105 °C (ASE), segundo SILVA & QUEIROZ (2002). A matéria seca total das partes da planta (MST_C e MST_{Fv}), foi calculada segundo a fórmula:

$$MST (\%) = (ASA \times ASE) / 100$$

O cálculo da matéria seca total da parte aérea (MST_{PA}) foi baseado no percentual de folhas verdes (MST_{FV}) e de colmos (MST_C), segundo o seguinte cálculo:

$$MST_{PA} (\%) = (g MST_C \times \% MST_C) \times (g MST_{FV} \times \% MST_{FV})$$

As análises do teor de N e da fração fibrosa foram feitas com as amostras secas à 65 °C e moídas. Após estas análises, os valores dos pesos das amostras foram corrigidos para 105 °C.

A análise quantitativa do teor de N total foi realizada segundo o método Kjeldahl (SILVA & QUEIROZ, 2002), descrito inicialmente há quase um século (AOAC, 1984), mas que passou por diversas modificações desde então. Dentro deste método existem diferentes procedimentos, onde no presente estudo, foi utilizado o Semimicro Kjeldahl, comumente usado quando a quantidade de amostra disponível é pequena.

$$N (\%) = (ml titulado \times 14 \times mg \text{ de amostra} \times \text{normalidade do ácido}) / 100$$

Para transformar o percentual de N em percentual de proteína bruta (PB), é utilizado um fator de conversão geral, de 6,25.

$$PB (\%) = \% N \times 6,25$$

A determinação da qualidade da forragem, proposto por VAN SOEST (1965), aprimorado por VAN SOEST & ROBERTSON (1985), englobou um detergente neutro que solubiliza o conteúdo celular, restando a parede celular, chamada de fibra em detergente neutro (FDN, %). Continuando seu fracionamento, VAN SOEST & WINE (1967) desenvolveram um detergente ácido específico com a finalidade de solubilizar o conteúdo celular e a hemicelulose, além da maior parte da proteína insolúvel, obtendo-se um resíduo insolúvel no detergente ácido, denominado fibra em detergente ácido (FDA, %), constituída, em sua quase totalidade de lignina e celulose (lignocelulose). Então, pelo intermédio do reagente permanganato de potássio ($KMnO_4$), a lignina é solubilizada, completando-se deste modo, o fracionamento dos constituintes da parede celular. A celulose será conhecida, por diferença de pesagens, antes e depois de levar os cadinhos à mufla (500 ± 10 °C), para a determinação das cinzas insolúveis em detergente ácido (CIDA). Todos os procedimentos foram realizados segundo a descrição feita por SILVA & QUEIROZ (2002), com base nos métodos supracitados.

- Coeficientes de partição

Com os dados de massa seca total, obtiveram-se os seguintes coeficientes de partição:

- Folha total : parte aérea (FT:PA), onde folha total é o somatório da massa seca das folhas verdes com a massa seca das folhas senescentes, e parte aérea, o somatório da folha total com o colmo;
- Folha verde : folha total (FV:FT);
- Folha : colmo (F:C).

Como para o sistema radicular, não foi calculada a matéria seca total, o coeficiente abaixo, foi calculado a partir das massas parcialmente secas (65 °C).

- Parte aérea : raiz (PA:R).

- Área foliar específica e razão de área foliar

As folhas verdes separadas na partição da planta, antes de serem levadas para a estufa ventilada, foram digitalizadas, utilizando o Scanner HP Precision, com resolução

de 100 dpi, e as imagens, lidas no software Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo – SIARCS 3.0 (JORGE & CRASTANA, 1996). A área foliar (cm^2/vaso) foi obtida pelo somatório das áreas das folhas individuais.

A área foliar específica (AFE), expressa em cm^2/g , foi calculada através da relação entre a área foliar (cm^2) e a massa seca de folhas verdes (g/vaso), segundo EVANS (1972), enquanto que a razão de área foliar (RAF), em cm^2/g , através da relação área foliar e massa seca da parte aérea (RADFORD, 1967; BEADLE, 1993).

3.13.2 Parte radicular

As raízes foram lavadas para retirada da terra aderente e, posteriormente, pesadas, acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa de ventilação forçada de ar, a 65 °C, até atingir peso constante e, novamente pesadas, para obtenção da matéria radicular parcialmente seca (g/vaso).

3.14 Irradiância

Os mesmos vasos usados para análise da produção de matéria seca, composição bromatológica e área foliar, foram utilizados para avaliação da radiação solar incidente, interceptada e refletida, dentro da faixa fotossinteticamente ativa (400 - 700 nm).

No dia anterior a cada coleta, foram feitas as seguintes medições com auxílio de um sensor de 'quantum', modelo LI-190SA, conectado a um radiômetro portátil LI-COR, modelo LI-189, Quantum- Radiometer- Photometer, em cada um dos vasos:

- 1) Irradiância fotossintética incidente (IFI): medida a 2 cm do topo do dossel;
- 2) Irradiância fotossintética refletida (IFR): determinada imediatamente após a leitura anterior; por inversão do sensor;
- 3) Irradiância fotossintética transmitida (IFT) através das plantas: medida em cinco pontos, ao nível da superfície do vaso, para reduzir a variabilidade espacial do fluxo fotossintético.

Todas as medições são expressas em unidades de densidade de fluxo de fôtons fotossintéticos ($\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$).

A partir dessas medições calculou-se a irradiância fotossintética interceptada (IFInt), que representa a diferença entre a radiação fotossintética incidente acima das plantas e a radiação transmitida até a superfície do vaso (NORMAN & ARKEBAUER, 1999):

$$\text{IFInt} = \text{IFI} - \text{IFT}$$

Também foi estimado o coeficiente de refletância (R), dado pela relação percentual entre a Irradiância fotossintética refletida e a incidente:

$$R = (\text{IFR}/\text{IFI}) \times 100$$

Para que estas medidas apresentassem o menor erro possível de amostragem, estas medições foram feitas sempre por uma mesma pessoa, previamente treinada para tal função.

3.15 Perfilhamento

Para a análise do perfilhamento, foram utilizados outros 40 vasos, em quatro doses de N e 10 repetições. O perfilhamento foi acompanhado durante 70 dias após o corte de uniformização, assim como para as outras análises.

Neste período, foram feitas dez marcações, a intervalos de 7 dias. Cada marcação era feita com uma cor diferente de fio plástico. Os perfis vegetativos novos eram marcados, e contados separadamente em basais e laterais. Para complementar as análises, o número de perfis vegetativos mortos e de perfis florescidos também foram contabilizados a cada data de marcação. Com os dados obtidos, foi calculada a população de perfis vegetativos e de perfis reprodutivos, e as seguintes taxas: Taxa de natalidade de perfis vegetativos e de perfis reprodutivos, Taxa de mortalidade de perfis vegetativos e Taxa de florescimento.

3.16 Análises Estatísticas

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e, na análise do perfilhamento, os dados foram analisados como um arranjo fatorial em parcelas subdivididas, 4 x 10, com 10 repetições, sendo 4 doses de nitrogênio e 10 datas de marcação de perfis; enquanto que os resultados dos outros parâmetros, foram analisados em um arranjo fatorial, 4 x 5, com 4 repetições, sendo 4 doses de nitrogênio e 5 idades da planta. Foi utilizado o Sistema para Análises Estatística e Genéticas - SAEG (UFV, 1999).

Para realizar a análise de variância (ANOVA), assumindo-se que o efeito dos tratamentos e do acaso são aditivos, é necessário que os erros experimentais sejam normal e, ou, homogeneamente distribuídos (ZIMMERMANN, 1987). Em experimentos com coletas seqüenciais, a variância amostral dos parâmetros em estudo altera-se com a ontogenia vegetal, caracterizando uma situação estatisticamente conhecida como heterocedastia (HUNT, 1978), que afeta a precisão do teste F. Nesta situação, é recomendado que os dados originais, que não obtiveram normalidade ou homogeneidade nos testes de Lillifors, Cochran e Bartlett, sofram uma transformação (ZIMMERMANN, 1987). O tipo de transformação dos dados, quando necessária, foi escolhida com base no manual do usuário do SAEG (UFV, 1999). Na ANOVA, foram utilizados os dados transformados, contudo, na análise de regressão múltipla, foram utilizados os dados originais. A seleção da função de melhor ajuste obedeceu a significância dos coeficientes dos parâmetros da regressão, avaliados pelo teste 't', e dos coeficientes de determinação da equação (R^2), pelo teste F, sendo complementados com a expectativa biológica. As funções de melhor ajuste foram expressas como superfícies de respostas, segundo ALVAREZ V. (1994), diagramadas com o auxílio do Software Sigma-Plot 5.0 (2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na literatura existem poucos trabalhos que apresentam resultados na forma de superfícies de respostas, para qualquer parâmetro estudado em ensaios experimentais com plantas forrageiras. Os trabalhos publicados nos últimos anos abrangem análises feitas separadamente para cada fator estudado, sendo pouco comum estudos de regressão destes fatores. Assim, buscou-se comparar os resultados obtidos no presente trabalho, com resultados parciais encontrados na literatura. Dentro deste contexto, por exemplo, pode se enquadrar o trabalho PAULINO et al. (1997). Estes autores avaliaram a produção de matéria seca sob três doses de adubação nitrogenada, em diferentes idades ao corte, porém realizaram análises de regressão por idade, em função das doses de nitrogênio, que resultam em gráficos bidimensionais, isto é, não foi considerada simultaneamente a influência das duas fontes de variação.

A vantagem em se trabalhar com superfícies de resposta está na possibilidade de realizar cortes nos gráficos tridimensionais para obtenção dos pontos de máxima ou de mínima, para cada um dos fatores; de visualizar com facilidade os efeitos e a interação entre os fatores; e poder escolher estratégias de manejo mais adequadas dentro de cada realidade ou sistema de produção, quando se deseja fixar um dos fatores, ou estimar os fatores em função de uma produção desejada (ÁLVAREZ V., 1994).

Dentro da análise de crescimento, a maioria dos resultados abaixo descritos foi obtida a partir da matéria seca total, a 105 °C, exceto para os resultados que englobam o sistema radicular, onde os dados foram trabalhados a partir da matéria pré-seca, a 65 °C. Como antes mencionado, a matéria seca total é de suma importância quando se compararam alimentos, inclusive forrageiras (SILVA & QUEIROZ, 2002). Entretanto, escassos são os trabalhos que usaram como base a matéria seca verdadeira e portanto a comparação dos resultados obtidos, com os de outros autores, foi feita, em vários casos, de forma qualitativa.

4.1 Temperatura e Umidade Relativa do Ar

Os dados de temperatura (T, °C) e umidade relativa do ar (URA, %) podem ser observados na Tabela 3. A média das temperaturas máxima e mínima diária foi de 42 e 19,9 °C, respectivamente, enquanto que a média da umidade relativa do ar máxima foi de 93,2 % e mínima de 27,7 %. Observa-se que durante o período experimental, a temperatura e a umidade relativa do ar, máxima e mínima, variaram pouco dentro da casa de vegetação, mantendo o ambiente climático experimental uniforme.

Tabela 3 – Valores médios mensais das temperaturas e umidade relativa do ar, máxima e mínima, entre os meses de abril e junho de 2002, dentro da casa de vegetação

Meses	Média das temperaturas (°C)		Média da URA (%)	
	máxima	mínima	máxima	mínima
Abril	43,7	21,5	92,5	26,0
Maio	41,0	19,6	94,9	30,1
Junho	41,3	18,5	92,1	27,1
Média	42,0	19,9	93,2	29,9

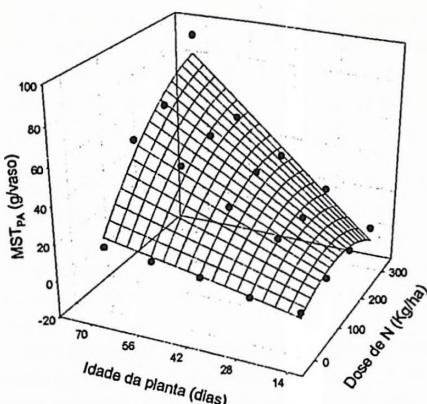
De acordo com a temperatura máxima média observada, de 42,0 °C, pode-se comparar os resultados obtidos neste estudo com os da época de verão. Por outro lado, a média das temperaturas mínimas esteve acima daquela necessária para afetar a taxa fotosintética em forrageiras tropicais, que é de 15 °C, de acordo a COOPER & TAINTON (1968) e RODRIGUES et al. (1993).

4.2 Matéria Seca

4.2.1 Parte aérea

Na análise de variância, foram observados efeitos altamente significativos para dose de nitrogênio (N), idade da planta (I), assim como para a sua interação ($p<0,0001$).

Na análise de regressão múltipla, a função que melhor ajustou-se aos dados de matéria seca total da parte aérea (MST_{PA} , g/vaso), mostrou efeito quadrático para o nitrogênio (N), enquanto para a idade da planta (I) e a interação entre os dois fatores, o efeito resultou linear (Figura 1).



$$\hat{Y} = -4,0148 + 0,07759**N - 0,0004876***N^2 + 0,3555***I + 0,004009***NI$$

$$R^2 = 0,977 \quad (p<0,0001)$$

Onde: N= dose de nitrogênio; I= idade da planta; **Significativo a 1%; ***Significativo a 0,1%.

Figura 1 - Superfície de resposta do *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, em matéria seca total da parte aérea (g/vaso), sob doses de N (kg/ha) e idades da planta (d).

O efeito da interação age de forma a linearizar a resposta do N em idades avançadas, indicando que para um sistema de manejo com períodos de descanso mais prolongados, ou seja, acima de 28 dias, doses acima de 200 kg de N/ha seriam recomendáveis, porém, caso o sistema implique num intervalo de cortes inferior a 28 dias, seriam preferíveis as doses mais baixas.

Esses dados indicam que mesmo dentro das condições ambientais restritivas impostas pelas condições de experimentação em vasos, o capim-Coastcross pode responder a níveis de adubação superiores a 300 kg de N/ha, em idade acima de 28 dias, tal como verificado em outras regiões do país (MARASCHIN, 1988; ALVIM et al., 1997; BURTON, 1954, apud VILELA & ALVIM, 1998).

CECATO et al. (1996), avaliando gramíneas do gênero *Cynodon* em intervalos de 35 dias, com adubações de zero e 400 kg de N/ha, observaram aumentos

significativos com o uso do N. O mesmo foi observado por ALVIM et al. (1996). CLAVEL et al. (1991), citados por CECATO et al. (1996), conduziram um experimento com o capim-Coastcross sob várias doses de N e observaram aumento significativo na produção de MS entre as doses de zero e 100 kg de N/ha, assim como BRUNET et al. (1990), também citados por CECATO et al. (1996), quando avaliaram a grama bermuda (*Cynodon dactylon*) e a grama estrela (*Cynodon nlemfuensis*) sob quatro doses de N, zero, 240, 320 e 400 kg de N/ha, e obtiveram as melhores produções com 400 kg de N/ha. Pode-se concluir que os autores supracitados observaram um aumento da produção de matéria seca com o aumento da dose de N.

A resposta quadrática do N corroborou com o efeito observado por PAULINO et al. (1997), aos 28 dias, que utilizaram, zero, 50 e 90 kg de N/ha, apesar de contrapor-se ao efeito linear, obtido pelos mesmos autores, aos 56 dias, quando as doses foram zero, 50 e 150 kg de N/ha, já que a dose superior foi parcelada em 90 e 60 kg.

Para cultivares de *Cynodon dactylon*, incluindo o capim-Coastcross, PARETAS et al. (1981), Da SILVA (1993) e VILELA & ALVIM (1998), obtiveram respostas lineares para o N, até 450 e 600 kg de N/ha.ano respectivamente, diferentemente do obtido neste experimento. MONKS e LOPES (1983), avaliaram os efeitos de seis doses entre 0 e 500 kg de N/ha, sobre a produção de MST em Coastcross, e assim como PALHANO & HADDAD (1992), obtiveram aumentos lineares entre 30 e 60 dias, em função das crescentes doses de N e das idades de corte. Esses resultados coincidem com os obtidos neste estudo, em relação à resposta linear da MST_{PA} ao fator idade, em todas as doses de N testadas.

Os resultados obtidos por RAMOS et al. (1980 e 1982), avaliaram os efeitos de doses de N, de zero, 200 e 400 kg/ha.ano, sobre a produção de MST da grama estrela, em três intervalos de corte, quatro, cinco e seis semanas, e observaram respostas lineares até 400 kg de N/ha, o que não foi verificado no presente estudo. Todavia, esses autores observaram efeitos lineares do fator idade, até 6 semanas pós-corte, de forma similar ao aqui observado.

ALVIM et al. (1999) obtiveram aumento na produção anual de matéria seca do Tifton-85, até doses de 600 kg de N/ha.ano, e FERNANDEZ et al. (1986) até 675 kg de N/ha.ano, para Coastcross irrigado. Contrapondo-se ao exposto, ALVIM et al. (1998) afirmaram que o Tifton-85 responde a doses mais elevadas de N que o Coastcross, apesar do Coastcross propiciar uma maior produção de matéria seca, devido a uma melhor distribuição da produção anual. Todavia, os dados indicam que as duas cultivares respondem a doses superiores a 300 kg de N/ha, como mencionado anteriormente, enfatizando a sua capacidade responsiva. Isto pode ser evidenciado por resultados obtidos em condições de campo, em várias latitudes dentro do ambiente tropical. Para o Coastcross, HERRERA et al. (1986), obtiveram 28 t de MS/ha.ano com altas doses de N, acima de 600 kg de N/ha.ano, MARASCHIN (1988), entre 20 a 25 t de MS/ha.ano com adubação nitrogenada acima de 300 Kg de N/ha, enquanto SÁ (1995), obteve uma produção de 8,9 t de MS/ha.ano aplicando 60 kg de N, e LUGÃO et al. (1996), sem uso de adubação nitrogenada, 13 t de MS/ha.ano.

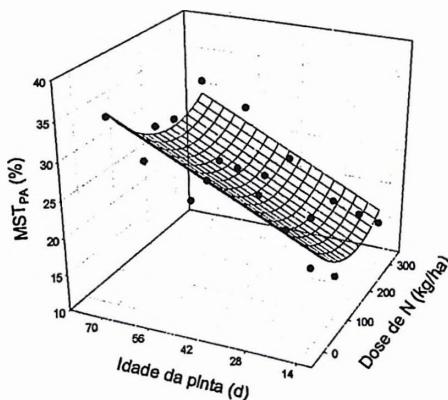
ZARROUGH & NELSON (1980), relataram que a produção de matéria seca está diretamente relacionada ao tamanho dos perfilhos. Contudo, SILSBURY (1966), destacou que o fator principal determinante da produção vai depender do estágio fenológico da planta. Segundo esse autor, o número de perfilhos é o principal fator quando a planta se encontra no estágio vegetativo, fase em que o aparecimento de perfilhos é intenso, no entanto, na fase reprodutiva, o surgimento de perfilhos é muito reduzido, e o aumento em peso da planta é alcançado apenas pelo crescimento dos perfilhos existentes.

No presente estudo, foi observado um maior florescimento na ausência de adubação nitrogenada, o que pode ter aumentado os contrastes entre as produções de matéria seca da parte aérea, visto que ALVIM et al. (1999) observaram que a persistência do Coastcross foi comprometida quando da ausência da adubação nitrogenada. O florescimento é uma estratégia de persistência de qualquer vegetal sob condições inadequadas ao seu desenvolvimento, tentando perpetuar a espécie e sobreviver. Mesmo em alguns híbridos, como o capim-Coastcross, pode-se observar o desenvolvimento dessa estratégia. Quando um perfilho floresce, não mais emite novas folhas, apenas apresenta alongamento do colmo (DAVIES, 1993). Assim, o aumento ocorrido na MST foi devido ao aumento em massa de colmos, o que elevou a diferença de MST entre as plantas crescidas na ausência de adubação nitrogenada e as que receberam adubação.

SOUZA (1998), avaliando curvas de crescimento de gramíneas do gênero *Cynodon*, mostrou que as referidas gramíneas deveriam ser manejadas entre 28 a 42 dias, levando-se em conta a matéria seca e teor de nitrogênio.

- Percentual de matéria seca total da parte aérea

Na Figura 2 são mostrados os efeitos dos fatores sobre o percentual de matéria seca da parte aérea. A análise de variância feita previamente à regressão mostrou que houve efeito altamente significativo para os dois fatores ($p<0,0001$) e para a interação ($p<0,001$). O modelo que melhor ajustou-se aos dados não apresentou interação, mas apresentou efeito quadrático negativo para o nitrogênio e linear para a idade da planta.



$$\hat{Y} = 20,0950 - 0,07360***N + 0,0001845***N^2 + 0,2210***I$$

$$R^2=0,904 \quad (p<0,0001)$$

Onde: *significância a 5 %

Figura 2 - Percentual de matéria seca total da parte aérea do *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, sob doses de N (kg/ha) e idades da planta (d).

O efeito linear resultante da idade da planta sobre o percentual de MST também foi observado por GARCEZ NETO et al. (2001), com o capim-Mombaça, até 70 dias, utilizando 150 kg de N/ha, os quais obtiveram um aumento de 0,06 % de MST a cada dia, no intervalo de 28 a 70 dias, tendo 23 e 29 % MST, respectivamente. Para a cultivar

Tifton-85, entre 14 e 70 dias, OLIVEIRA (1999), observou aumentos lineares, variando de 20 a 32 %, apesar de ter sido observado, por CASTRO (1997), um efeito cúbico para a cultivar Florico nesse mesmo intervalo.

O aumento do percentual de matéria seca com o avanço da idade já foi muito discutido em diversos trabalhos nas últimas décadas (CORSI, 1990; REIS & RODRIGUES, 1993), e explicado pelo fato do desenvolvimento inicial requerer menor quantidade de tecidos fibrosos e lignificados, tanto de feixes condutores como para sustentação. À medida que a planta se desenvolve, ocorre um aumento nas frações fibrosas, ou seja, nos teores de carboidratos estruturais e ligninas, em detrimento do mesófilo e conteúdo celular (WILSON, 1993), o que reduz, de forma geral, a digestibilidade. Além desse fato, soma-se uma redução na relação folha : colmo, através do maior aumento em massa de colmos, que apresentam maior quantidade de estruturas de sustentação. Tais colmos se alongam para colocar novas folhas no topo do dossel, de forma que seja possível atingir a máxima capacidade fotossintética por unidade de nova área foliar (WOLEDGE, 1978). Com o alongamento dos colmos, há um aumento, não só da estrutura de sustentação, mas também dos tecidos condutores necessários para suprir a maior demanda por nutrientes e para distribuição de fotoassimilados aos drenos metabólicos e regiões de acúmulo (LUPINACCI, 2002).

Observou-se que os percentuais foram maiores na ausência de adubação nitrogenada, sugerindo que a aplicação de N tenha estimulado a suculência dos tecidos da parte aérea, particularmente nas doses de 100 e 200 kg de N/ha. Um fato para explicar o maior percentual de matéria seca pela forrageira crescida sem adubação nitrogenada segue do ponto em que, tendo ocorrido o maior percentual de florescimento nessas plantas, tiveram, para isso, um maior alongamento dos colmos, logo, por ser o tecido mais fibroso, teve seu percentual total de matéria seca elevado.

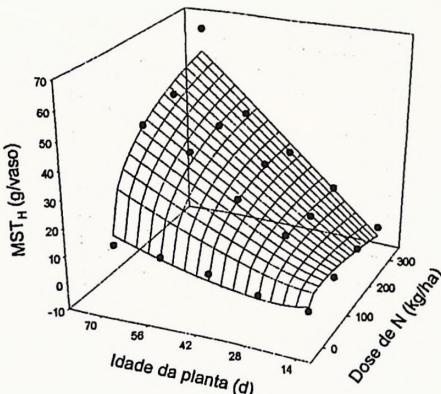
Por outro lado, o aumento do percentual de matéria seca na forrageira crescida sob a dose de 300 kg de N, pode ser explicado através dos parâmetros morfogênicos (CHAPMAN & LEMAIRE, 1993), elevando a produção de MST (Figura 1). Segundo GARCEZ NETO et al. (2001), o N tem efeito marcante sobre a taxa de alongamento foliar e taxa de aparecimento foliar, e menos marcante na duração de vida da folha, sempre elevando os valores encontrados. A modificação dessas características morfogênicas afeta, então, as características estruturais, de modo que o comprimento final da folha, o número de perfilhos e o número de folhas por perfilho também aumentam, provocando um maior sombreamento no dossel, reduzindo a capacidade fotossintética dessas folhas sombreadas, elevando a taxa de senescência (GARCEZ NETO et al., 2001), além de aumentar o percentual de MS e o N total, que passa a ser mobilizado das folhas mais velhas para as mais novas (LUPINACCI, 2002).

4.2.2 Partição da planta

- Colmo (C)

A adubação nitrogenada, a idade da planta e a interação entre estes dois fatores tiveram efeito altamente significativo ($p<0,0001$) na análise de variância.

Na Figura 3, pode-se observar a função que melhor representa a resposta do colmo, ao N e à idade da planta, sendo um modelo raiz quadrático completo, e positivo para ambos os fatores.



$$\hat{Y} = 28,3422 - 0,07301^{***}N - 1,2199^{**}\sqrt{N} + 1,1042^{***}I - 10,7627^{***}\sqrt{I} + 0,5907^{***}\sqrt{N}\sqrt{I}$$

$R^2=0,984 \quad (p<0,0001)$

Figura 3 - Superfície de resposta da produção de matéria seca total de colmo (g/vaso), do *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, sob doses de nitrogênio (kg/ha) e idade da planta (d).

Na produção de matéria seca total de colmo, o efeito do N é mais marcante em idades avançadas, e o mesmo ocorrendo com a idade da planta em relação às doses de N. Também pode ser visualizado o efeito da interação, agindo de modo a transformar o efeito da idade próximo à linearidade, na dose de 300 kg de N/ha.

Quando da ausência de adubação nitrogenada, o capim-Coastcross teve seu florescimento elevado, em percentagem (Figura 33), e o perfilhamento reduzido (Figura 28). Com isso, observa-se uma produção de colmos acentuadamente menor quando comparada às produções sob aplicação de N.

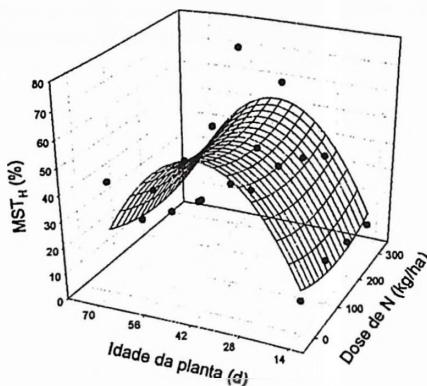
O aumento na produção de colmo com o aumento das doses de N pode ser explicado pelo fato do N elevar o perfilhamento, como constatado nesse estudo, e por diversos autores, como CARVALHO (2000) e ALVIM et al. (1999).

Em relação ao fator idade da planta, observa-se um aumento da matéria seca de colmo até os 70 dias, devido ao crescimento e desenvolvimento da planta ao colocar novas folhas no topo do dossel (WOLEDGE, 1978). Apesar da idade da planta apresentar efeito raiz quadrático, visualiza-se a tendência a linearização que decorre da aplicação do N, dada pela redução do florescimento. Isto leva a um menor número de perfilhos a passar pela transição de vegetativos a reprodutivos, fase em que aumenta o alongamento do colmo e cessa a emissão de novas folhas no perfilho em questão. Para clarear a visibilidade de tal fato, pode-se observar na mesma figura a curva de resposta na ausência de adubação nitrogenada, quando o crescimento muda de ritmo, ou seja, tem o ponto de inflexão relacionado ao momento do início do florescimento, próximo aos 28 dias, delineando o efeito raiz quadrático.

- Percentual de matéria seca total de colmo

A análise de variância revelou efeitos altamente significativos para os dois fatores, nitrogênio e idade da planta, e também para sua interação ($p<0,0001$), porém o modelo que melhor ajustou-se aos dados não apresentou interação entre eles. Na Figura

4 pode-se visualizar que tanto a adubação nitrogenada como a idade da planta tiveram efeito quadrático, negativo e menos marcante para o N e, positivo e altamente marcante para a idade da planta.



$$\hat{Y} = -28,7383 - 0,07135 * N + 0,0002268 * N^2 + 3,8485^{***} I - 0,04398^{***} I^2$$

$$R^2=0,833 \quad (p<0,0001)$$

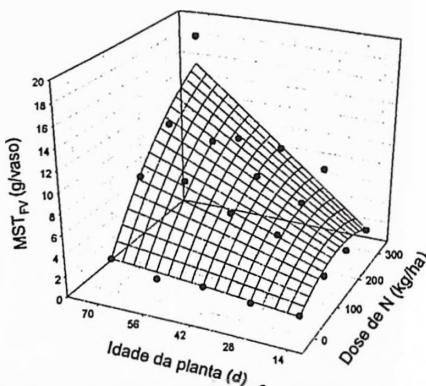
Figura 4 - Superfície de resposta do percentual de matéria seca total de colmo do *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, sob doses de nitrogênio (kg/ha) e idade da planta (d).

De um modo geral, observa-se um rápido aumento no percentual de matéria seca do colmo até 42 dias, onde se atinge um máximo. Uma explicação possível para esta resposta relaciona-se ao número de perfilhos basais e laterais. Com respeito ao perfilhamento observa-se que, do corte de uniformização até os 35 dias, a população de perfilhos é predominantemente composta por perfilhos basais (Figura 29 e Figura 30), que, em sua maioria, crescem de forma ereta inicialmente, necessitando de tecidos de sustentação e de condução em maior quantidade, contribuindo, assim, para essa rápida elevação do teor de matéria seca. Fato similar foi apontado por PACIULLO et al. (2001), em colmos de capim-braquiária, capim-gordura e capim-bermuda Tifton-85, os quais aumentaram o seu teor de ligninas em mais de 100 % em idades avançadas, se comparadas às idades iniciais, durante o verão.

Aos 35 dias, iniciou-se um rápido aparecimento de perfilhos laterais (Figura 30), que geralmente apresentam crescimento prostrado ou semi-ereto, atingindo tamanhos inferiores, necessitando de menor sustentação, contribuindo para a desaceleração do aumento do teor de matéria seca. Ao mesmo tempo, parte dos perfilhos basais, que continuaram a crescer, passaram a ter crescimento prostrado pelo tamanho que atingiam. Após os 42 dias, a população predominante era de perfilhos laterais, que continuaram a aparecer até os 70 dias, chegando a perfazer 60 % do numero total de perfilhos. Como consequência desse predomínio de perfilhos laterais, o teor de matéria seca de colmos foi sendo progressivamente reduzido desde os 42 dias até o final do período experimental, tal como mostra a Figura 4.

- Folha verde (FV)

A fração folhas verdes (FV) apresentou efeito altamente significativo ($p<0,0001$) para ambos os fatores, nitrogênio e idade da planta, e sua interação. Na análise de regressão, escolheu-se um modelo quadrático para o N e linear para a idade da planta e para a interação entre os fatores (Figura 5).



$$\hat{Y} = 1,3359 + 0,01473 * N - 0,00007622^{***}N^2 + 0,02636*I + 0,0007279^{***}NI$$
$$R^2=0,958 \quad (p<0,0001)$$

Figura 5 - Superfície de resposta da produção de matéria seca total de folha verde do *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, sob doses de nitrogênio (kg/ha) e idade da planta (d).

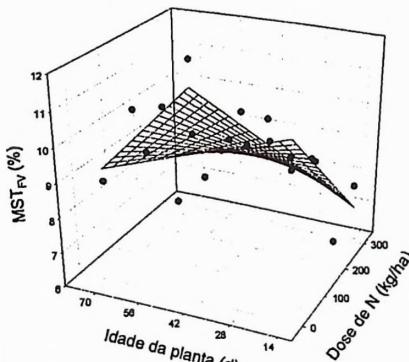
O efeito do N foi aumentado com a idade e vice-versa. A linearização observada aos 70 dias relaciona-se ao fato do N ter um efeito estimulante sobre a divisão e o alongamento celular. O aumento do comprimento do colmo, resultante da necessidade da nova folha ser inserida no topo do dossel (WOLEDGE, 1978), faz com que essa nova folha tenha que percorrer um maior comprimento no cartucho formado pelas bainhas das folhas mais velhas, tendo como resultado folhas mais longas (GARCEZ NETO et al., 2001). Esse maior comprimento do colmo também pode estar associado ao aumento do número de folhas no perfilho com o avançar da idade (VOLENEC & NELSON, 1983). Então, conforme cada nova folha se insere num ponto mais elevado no colmo, dois fenômenos podem ser caracterizados: um maior comprimento do colmo e um maior comprimento final da folha. Além disso, o N promoveu o aparecimento de novos perfilhos (Figura 28). Em conjunto, esses processos geraram uma resposta acentuada em termos de MST_{FV} com o aumento da dose de N.

GARCEZ NETO et al. (2001), observaram que a taxa de alongamento foliar é, normalmente, estimulado pelo suprimento de N, em 53 a 133 %, a taxa de aparecimento foliar em até 100 % e a duração de vida das folhas em 20 %.

Segundo WILSON (1982), o N retarda o envelhecimento de folhas. Esse mesmo autor cita que o menor desenvolvimento do colmo nas gramíneas de clima tropical, e o retardamento do envelhecimento, são os principais responsáveis pela melhoria da qualidade. Todavia, os resultados deste estudo demonstram contrariedade ao exposto, visto que houve um elevado aumento do número e tamanho dos colmos (Figura 3).

- Percentual de matéria seca total de folha verde

Houve efeito altamente significativo ($p<0,0001$) para os fatores N e idade da planta e para a interação entre esses fatores. O modelo que melhor representa os resultados obtidos neste estudo é um modelo linear completo, onde a interação atua de forma marcante, modificando completamente o efeito do nitrogênio com o avançar da idade e da idade com o aumento da fertilização nitrogenada (Figura 6).



$$\hat{Y} = 11,4361 - 0,01675^{***}N - 0,03062^{**}I + 0,0002691^{***}NI$$
$$R^2 = 0,726 \quad (p<0,0001)$$

Figura 6 - Superfície de resposta do percentual de matéria seca total de folha verde do *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, sob doses de nitrogênio (kg/ha) e idades da planta (d).

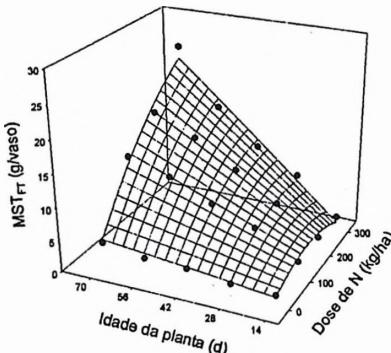
No desenvolvimento inicial da planta, o aumento do N disponível no solo promoveu uma redução do percentual de matéria seca total nas folhas verdes, porém, com o avançar da idade, as maiores doses de nitrogênio, promoveram um aumento no número e comprimento de folhas verdes, resultando num aumento correlato dos tecidos de sustentação e transporte.

Com o aumento da idade da planta, independente do efeito do N, há uma redução muito pequena do percentual de MS_{FV} , de $-0,03\%$ por dia (Figura 6). Já nas parcelas adubadas, a variação no percentual foi elevada e positiva.

Quando da ausência de adubação nitrogenada, têm-se um menor comprimento final das folhas e um menor número de folhas vivas por perfilho (VOLENEC & NELSON, 1983), implicando num menor auto-sombreamento das folhas devido ao menor desenvolvimento do dossel. Essas características explicam a menor necessidade de acúmulo de MS em tecidos fibrosos com o aumento da idade da planta, uma maior capacidade fotossintética média das folhas no dossel e uma menor senescência. Isto significa menor mobilização de nutrientes e menor variação no percentual de MS quando da ausência de adubação nitrogenada. O inverso ocorre quando há a aplicação de N, de forma que há a promoção da área foliar, pelo aumento no número e tamanho das folhas, gerando um maior autosombreamento e uma estratificação da capacidade fotossintética, com consequentemente aumento no percentual de MS_{FV} .

- Folha total (FT)

A fração folha total representa a soma das frações folhas verdes e folhas senescentes. Na análise de variância, observou-se efeito altamente significativo ($p<0,0001$) para o N, para a idade da planta e para a sua interação, sobre a produção de MSFT. A função que melhor ajustou-se aos dados, mostra efeito quadrático para o N, enquanto a idade e a interação apresentaram efeito linear (Figura 7). Pode-se observar que o efeito do nitrogênio acentua-se com o desenvolvimento da planta, assim como o efeito da idade com o aumento das doses de N. A interação positiva atua de forma a linearizar o efeito do nitrogênio nas idades avançadas.



$$\hat{Y} = 0,7689 + 0,01244N - 0,00009707^{***}N^2 + 0,05000^{***}I + 0,001153^{***}NI$$

$$R^2 = 0,989 \quad (p<0,0001)$$

Figura 7 - Superfície de resposta da produção de matéria seca total de folhas do *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, sob doses de nitrogênio (kg/ha) e idades da planta (d).

GOMIDE et al. (1998), observaram que o N não influenciou a senescência de folhas de cinco cultivares de *Cynodon* spp.. SETELICH et al. (1998) avaliaram o efeito do N sobre algumas características estruturais em capim-elefante anão 'Mott' sob pastojo, e que verificaram que o aumento das doses permitiu sustentar um maior número de folhas vivas por perfilho, como consequência da redução da taxa de senescência das folhas maduras. GARCEZ NETO et al. (2001), estudando as respostas do capim-Mombaça ao N, verificaram um aumento no número de folhas vivas por perfilho e na duração de vida das folhas, porém como o aumento na taxa de aparecimento foliar e taxa de alongamento foliar chegou a 100 % e no aumento na duração de vida das folhas, apenas 20 %, quando foi aplicado 150 kg de N/ha, há como resultado uma maior taxa de senescência. Sem aplicação de N, foi observado que se tinha em torno de 8,9 % das folhas em senescência, o que foi aumentado para 16,8, 15,5 e 18,0 % quando da aplicação de 100, 200 e 300 kg de N/ha, respectivamente, ou seja, aumentos da ordem de 88,8, 74,2 e 102,2 % na senescência foliar. Estudos que quantifiquem esses processos no capim-Coastcross não foram encontrados na literatura.

- Relação folha : parte aérea

Este parâmetro não passou pelos testes de normalidade (Lillifors), e homogeneidade (Cochran e Bartlett), mesmo após a transformação dos dados originais, porém mostrou efeito altamente significativo ($p<0,0001$) para os dois fatores e significativo ($p<0,01$) para a interação. A restrição, por não ter distribuição normal e homogênea, é somente com relação à discussão da função, que não pode ser aprofundada, porém não impede que se faça a regressão múltipla.

A função que melhor ajustou-se aos dados pode ser vista na Figura 8, mostrando efeito raiz quadrático para os dois fatores, porém sem apresentar a interação entre estes fatores. A idade tem efeito negativo bem marcante, explicado pelo fato dos colmos apresentarem um crescimento superior ao das folhas até os 70 dias e, consequentemente, há uma redução da relação folha : parte aérea com a idade, em qualquer nível de adubação nitrogenada, até 300 kg/ha. O efeito da adubação nitrogenada foi observado em menor escala, como pode ser inferido pelos correspondentes coeficientes de regressão associados a cada uma das variáveis na equação mostrada na Figura 8.

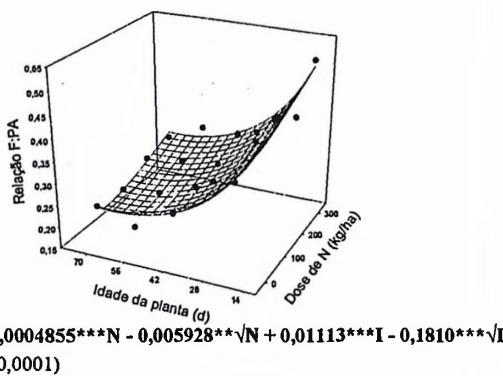
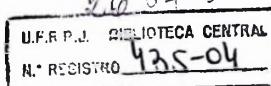


Figura 8 - Superfície de resposta da relação da matéria seca total de folha (F) : matéria seca total da parte aérea (PA) do *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, sob doses de nitrogênio (kg/ha) e idades da planta (d).

Esta relação representa, quando multiplicado por 100, o percentual de folhas na massa seca da forragem acumulada. Assim, para comparar alguns dos resultados obtidos neste estudo com os de outros autores, fez-se necessário o uso deste cálculo.

No inicio do período de crescimento, após o corte de uniformização, o percentual de folhas mais elevado é um resultado esperado, pois após o corte, quando o IAF é reduzido, a planta remobiliza os carboidratos de reserva para formação, principalmente, de novas folhas e perfilhos (RODRIGUES & RODRIGUES, 1987), ou seja, forma novos aparelhos fotossintetizantes para sua sobrevivência e persistência.

Com o avançar da idade, espera-se uma redução do percentual de folhas, visto que há um maior crescimento de colmos para colocar novas folhas no topo do dossel e devido ao florescimento, ou seja, de tecidos de sustentação. Com o aumento da competição por luz no dossel, também há um aumento na senescência das folhas de mais baixa inserção no dossel.



Os valores observados neste estudo, onde o percentual máximo de folhas foi de 50 %, aos 14 dias, sem abubação nitrogenada, estão abaixo dos valores encontrados por LUGÃO et al. (1996), para cultivares de *Cynodon dactylon*, onde observou valores médios de 71,6 % de folhas. Todavia, os resultados do presente estudo estão em concordância com a maioria dos resultados encontrados na literatura (GOMIDE & QUEIROZ, 1994). O percentual mínimo de folhas foi de 24 %, aos 70 dias, na ausência de adubação nitrogenada, porém não foi encontrado na literatura dados para serem comparados.

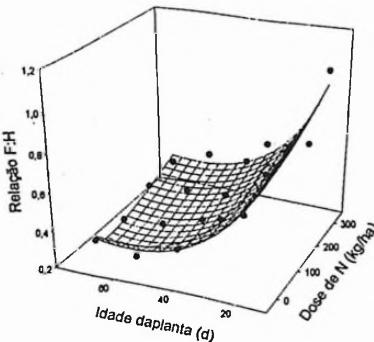
Alguns autores citados por ZIMMER et al. (1988), observaram que o percentual de folhas, em *B. ruziziensis*, estava relacionada com o peso e idade dos perfilhos, onde perfilhos mais velhos e desenvolvidos possuem menor percentagem de folhas, enquanto os perfilhos jovens, apresentam cerca de 8 % mais folhas do que perfilhos velhos. Assim, a percentagem de folhas variou de acordo com a idade, de 73 % para 47 % quando a rebrotação passava de duas para cinco semanas, ou seja, reduziu 36 % em três semanas. Apesar de apresentar maior percentual de folhas do que o observado neste estudo, a redução encontrada, de 45 para 29 %, foi de 35 % de folhas a menos, para esse mesmo intervalo, na ausência de adubação nitrogenada. O N atuou reduzindo esse efeito provocado pela idade, pois a dose de 300 kg de N reduziu em 32 % a percentagem de folhas, de 50 para 34 %, nesse intervalo de três semanas. Isto significa que, dependendo do intervalo de corte, a aplicação de doses elevadas de N poderá ser vantajosa no sentido de manter uma maior percentagem da fração foliar da planta.

Trabalhando com cultivares do gênero *Cynodon*, GOMIDE (1996) observou que o Tifton-85 foi o que apresentou o maior valor de relação folha : parte aérea (0,103 g/g), sendo o valor médio igual a 0,112 g/g para todas as cultivares e o máximo entre as idades de 28 e 35 dias. No presente caso, os resultados foram algo diferentes, já que a relação máxima, de 0,5 g/g, foi encontrada aos 14 dias, para a dose de 300 kg de N/ha, e a relação mínima, de 0,24 g/g, aos 70 dias, sendo ainda foi mais elevada que o maior valor encontrado por GOMIDE (1996).

- Relação folha : colmo

Os valores transformados da relação folha : colmo não apresentaram distribuição normal nem homogênea, semelhante ao observado na relação folha : parte aérea. Apesar disto, apresentou efeito altamente significativo ($p<0,0001$) para N, idade da planta e sua interação. A função que melhor ajustou-se aos dados se parece com a da relação folha : parte aérea, em seu formato, apresentando efeito raiz quadrático para N e idade, sem apresentar interação entre estes fatores (Figura 9).

Isto pode ser explicado da mesma forma que a relação folha : parte aérea, visto que em vez de relacionar a folha com a parte aérea, ou seja, colmo e folhas, está relacionada apenas com o colmo. No entanto, como visto anteriormente, o crescimento dos colmos foi muito superior ao crescimento das folhas, reduzindo esta relação com o avanço da idade até 70 dias e 300 kg de N/ha, corroborando com os resultados observados por GOMES et al. (1997).



$$\hat{Y} = 2,4347 + 0,001301^{**}N - 0,01809^{*}\sqrt{N} + 0,03569^{***}I - 0,5487^{***}\sqrt{I}$$

$R^2=0,974 \quad (p<0,0001)$

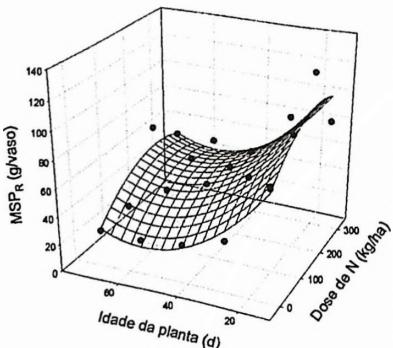
Figura 9 - Superfície de resposta da relação da matéria seca total de folha (F) : matéria seca total de colmos (C) do *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, sob doses de nitrogênio (kg/ha) e idades da planta (d).

A relação folha : colmo é uma variável de grande importância para a nutrição animal e para o manejo das plantas forrageiras. A alta relação folha : colmo representa forragem de maior teor de proteína e fósforo e menor teor de fibra, aumentando a digestibilidade e o consumo (GOMIDE & QUEIROZ, 1994). Também confere à gramínea melhor adaptação ao pastejo ou tolerância ao corte, por representar um momento de desenvolvimento fenológico em que o meristema apical se apresenta bem próximo ao solo, e portanto, menos vulnerável à destruição (PINTO et al., 1994).

O avanço da idade das plantas altera a relação folha : colmo (NORTON, 1982), de forma a reduzi-la, como encontrado por vários autores (citados em ZIMMER et al. 1988). Neste estudo, a redução encontrada, entre 14 e 70 dias, foi de 0,88 para 0,34 g/g no tratamento testemunha, e de 0,96 para 0,42 g/g, na dose de 300 kg de N. Por estes valores, pode-se concluir que a aplicação de N reduziu em 5 % o efeito da idade. Apesar desse baixo efeito do N na relação folha : colmo, elevando a relação em 9 % aos 14 dias e em 23 % aos 70 dias (Figura 9), ele teve um grande efeito na composição bromatológica, refletido principalmente no teor de proteína bruta, que elevou-se no colmo (Figura 18), em 106 e 67,6 %, aos 14 e 70 dias e nas folhas verdes (Figura 19), em 61,5 e 74,4 %, nas mesmas idades. De forma similar, LUGÃO et al. (1996), com cultivares do gênero *Cynodon*, observaram que o capim-Coastcross demonstrou uma das maiores produções de MST e MST_{FV}, resultando em maior relação folha : colmo.

4.2.3 Matéria pré-seca radicular

Na análise de variância, os valores de matéria pré-seca de raízes apresentaram efeito altamente significativo ($p<0,0001$) para os dois fatores e para a interação. O efeito quadrático para N e idade da planta, sem efeito da interação, foi uma das funções que melhor ajustou-se aos dados obtidos (Figura 10).



$$\hat{Y} = 137,419 + 0,2339^{**}N - 0,0007033^{***}N^2 - 4,4089^{***}I + 0,04109^{***}I^2 + 0,001080^{\circ}N \cdot I$$

$R^2=0,80$ ($p<0,0001$); onde: \circ = significativo à 10 %

Figura 10 - Produção de matéria pré-seca de raízes do *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, sob doses de nitrogênio (kg/ha) e idades da planta (d).

Pode-se observar, que após o corte de uniformização, em todas as doses de N testadas, houve uma redução contínua da massa seca de raízes, que atingiu valores mínimos entre os 45 e 55 dias, dependendo do nível de N disponível por ocasião do corte, e do novo N aportado após o mesmo. O corte de uniformização realizado pode ser considerado drástico, uma vez que somente foram deixados oitos perfilhos basais, com 5 cm, cortando-se os restantes ao nível da superfície do solo (Figura 11a).

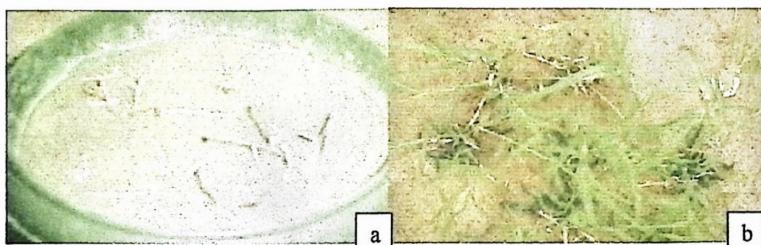


Figura 11 - a) Aspecto da parte aérea remanescente das plantas de Coastcross, após o corte de uniformização. Repare que foram deixados apenas oito perfilhos basais, com 5 cm de altura; b) Aspecto da rebrotaçao da parte aérea, 14 dias após o corte, no tratamento de 200 kg de N/ha. Os perfilhos de 1ª e 2ª geração após o corte (7 e 14 dias) aparecem destacados com fios plásticos de cor azul e lilás, respectivamente.

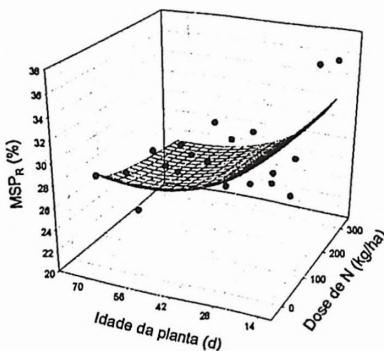
Em princípio, a queda da massa radicular das plantas de Coastcross poderia ser atribuída a remobilização de carboidratos de reserva e fontes de N, que seriam utilizados para a formação de novos tecidos verdes na parte aérea e manutenção da respiração de crescimento, após a desfolhação (RODRIGUES & RODRIGUES, 1987; LUPINACCI, 2002). Se tal remobilização efetivamente ocorreu, isto deveria reduzir a possibilidade de novo crescimento radicular, ou seja, acúmulo de C orgânico nas raízes, além de acelerar

as taxas de senescência e morte das raízes, conforme as observações de PAGOTTO (2001) em capim-Tanzânia. Todavia, devem ser consideradas as observações de MAY (1960) e HUMPHREYS (1991), os quais postularam que, na maioria dos casos, o estoque e as perdas das reservas lábeis de carboidratos são insuficientes para justificar grande parte da gênese da planta forrageira após a desfolhação. BROUGHAM, em 1956, já tinha observado uma relação inversa entre a velocidade de formação de novos tecidos e a intensidade da desfolhação, destacando que a área foliar remanescente poderia ser mais relevante do que o próprio teor de carboidratos não estruturais de reserva, em relação ao período de recuperação pós-desfolhação. No presente caso, a área foliar remanescente foi nula (Figura 11a), a despeito do que, 14 dias após o corte, no tratamento testemunha foi registrada uma produção de MST_{PA} de aproximadamente 9,8 g/vaso (Figura 1), e uma produção ainda maior naquele tratamento que recebeu um total de 200 kg de N/ha após o corte, associado a uma retomada dos processos de perfilhamento e expansão da área foliar verde (Figura 11b). Evidentemente, a recuperação da parte aérea na primeira semana após o corte, deve ter sido feita com base nos estoques de C e N remobilizáveis a partir das raízes. Já a contribuição da área foliar em expansão durante a segunda semana, pode ter assegurado fotoassimilados extras, que também devem ter contribuído para a rápida recuperação dos processos morfogênicos na parte aérea. CARVALHO et al. (2001), observaram que apenas três dias seriam necessários para restabelecer o balanço positivo de energia na planta, após uma desfolhação. AVICE et al. (1996), que notaram que a translocação de ¹⁵N e ¹³C, a partir das raízes e base do caule, em plantas de alfafa submetidas a uma rebrotação, se deu até 30 dias após o corte, embora não tenham apresentado dados indicando o momento do restabelecimento de um balanço positivo de energia na planta. No presente caso, não é possível, com os dados disponíveis, determinar em que ponto o balanço de carbono e energia tornaram-se positivos ao nível da planta inteira. Isto porque o início da floração no tratamento testemunha, e nos que levaram 100 e 200 kg N se deu por volta dos 35 dias após o corte (Figura 32). Esse evento fisiológico, constituindo um dreno preferencial de fotoassimilados, pode ter contribuído para prolongar o declínio da MSP_R, embora tal declínio estivesse aparentemente sendo controlado pelo nível de N disponível ao sistema radicular, como mostra a Figura 10.

- Percentual de matéria pré-seca de raízes

O N não exerceu efeito significativo sobre o percentual de matéria pré-seca de raízes (MSP_R), não podendo entrar no modelo de regressão. A idade da planta e a interação entre os fatores, tiveram efeito altamente significativo ($p<0,0001$, para idade e $p<0,05$ para a interação).

O modelo que melhor ajustou-se aos dados apresentou efeito raiz quadrático completo sem N (Figura 12), entretanto não se obteve um bom ajuste, visto que seu coeficiente de regressão (R^2) foi menor que 0,70.



$$\hat{Y} = 50,2894 + 0,3987 \cdot I - 5,9046^{**} \sqrt{I} - 0,01935 \cdot \sqrt{N} \cdot \sqrt{I}$$

$R^2 = 0,675 \quad (p < 0,0001)$

Figura 12 - Superfície de resposta do percentual de matéria seca parcial de raízes do *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, sob doses de nitrogênio (kg/ha) e idades da planta (d).

O percentual de MSP_R reduziu com a idade da planta até 70 dias. É possível admitir que a brusca redução da percentagem de MS nas raízes, independente do nível de N, logo após o corte, seja consequência dos processos de remobilização de fontes de C e N solúveis discutidos previamente, uma vez que esses compostos são obtidos principalmente pela hidrólise de substâncias de reserva alocadas nas raízes. Se as quedas observadas após o florescimento das plantas são ou não consequência de uma redução no fluxo de fotoassimilados nas raízes, é um assunto que deverá ser examinado através de experimentos específicos, que estudem de forma mais detalhada o papel do N nesses processos.

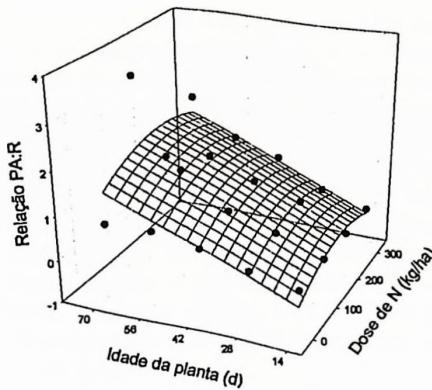
- Relação parte aérea : raiz

Na análise de variância para a relação parte aérea : raiz, o N, a idade da planta e a interação N vs. idade da planta, apresentaram efeitos altamente significativos ($p < 0,0001$). No entanto, a interação não apresentou significância nos modelos de regressão que se encaixavam aos dados.

O modelo escolhido, que melhor representa os dados, tem efeito quadrático para o nitrogênio e linear para a idade da planta (Figura 13). Pode-se observar que o efeito da idade da planta é mais marcante que o efeito resultante das doses de N.

O aumento dessa relação, observado para a idade da planta, pode ser facilmente entendido, visto que logo após o corte de uniformização, onde a parte aérea foi reduzida a oito perfis basais com cinco centímetros de altura, as raízes estavam formadas e bem desenvolvidas, resultando em uma relação próxima a zero.

Com o passar dos dias, há a remobilização dos carboidratos de reserva para formação de novas folhas e início do florescimento aos 35 dias, reduzindo a massa radicular. Assim, há um aumento da parte aérea e redução da parte radicular até próximo aos 42 dias, quando as raízes voltam a crescer, porém em velocidade bastante inferior ao crescimento da parte aérea, resultando em um aumento constante dessa relação até 70 dias.



$$\hat{Y} = -0,7648 + 0,006110***N - 0,00001714**N^2 + 0,03148***I$$

$R^2 = 0,810 \quad (p < 0,0001)$

Figura 13 - Superfície de resposta da relação entre a matéria pré-seca da parte aérea e matéria pré-seca de raízes de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, sob doses de nitrogênio (kg/ha) e idades da planta (d).

Com relação às doses de N, pode-se concluir, com o aumento da relação parte aérea : raiz, que o aumento em crescimento da parte aérea dada por esse utriente, foi maior, quando comparado com o crescimento radicular, até 70 dias.

4.3 Área Foliar

4.3.1 Área foliar específica

A análise de variância indicou não existir efeito significativo do N sobre a área foliar específica (AFE), apresentando efeito apenas a idade da planta ($p < 0,0001$). Foi feita uma análise de regressão para apenas o fator idade, onde o melhor modelo que ajustou-se aos dados foi o linear (Figura 14). Pode-se observar que a idade da planta afetou de forma negativa a AFE, pois com o aumento em massa, houve um aumento no percentual de MST_{FV}, contribuindo para que aumentos em área foliar fossem menores que aumentos em massa foliar.

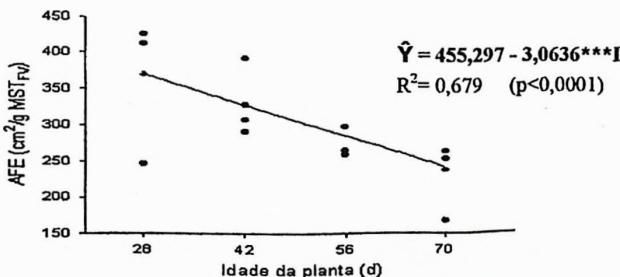


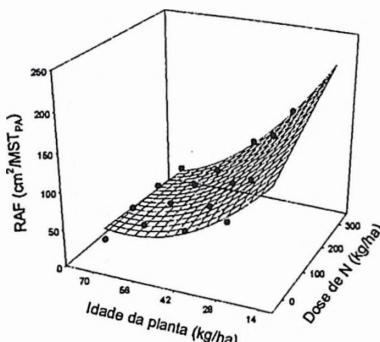
Figura 14 – Área foliar específica ($\text{cm}^2 \text{ FV/g MST}_{\text{FV}}$) do *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, sob doses de nitrogênio (kg/ha) e idades da planta (d).

Através do índice de área foliar (IAF), encontrados no anexo I, que variou de 0,47 a 0,82 na ausência de adubação nitrogenada e de 1,96 a 3,62 nas doses de N aplicadas, pode-se visualizar o aumento da área foliar, com efeito marcante do N.

À medida que avança a maturidade da planta, aumenta a proporção dos tecidos condutores e mecânicos nas folhas, provocando redução na AFE, como comprovado por GOMIDE (1996), com cultivares do gênero *Cynodon*, que verificou menores valores médios de AFE para os capins Tifton-85, de 0,167 m²/g, e Florico, de 0,178 m²/g. Os maiores valores médios de AFE para as duas cultivares foram obtidos aos 21 dias, de 0,219 m²/g, e aos 28 dias, de 0,241 m²/g, observando-se uma diminuição até 84 dias, para 0,147 m²/g, concordando com o modelo obtido neste estudo, apesar da grande diferença entre os valores. De forma similar, PINTO (1993), observou que, de uma maneira geral, a AFE diminuiu com o desenvolvimento dos perfis de capim-guineá, capim-gordura e capim-andropogon.

4.3.2 Razão de área foliar

A idade da planta apresentou efeito altamente significativo ($p<0,0001$) na análise de variância, enquanto para o N foi significativo ($p<0,05$), assim como para a interação entre estes fatores ($p<0,01$). A função que melhor ajustou-se aos dados apresenta efeito linear para o fator N e quadrático para idade da planta, mostrando uma contribuição da interação (Figura 15).



$$\hat{Y} = 205,449 + 0,3271***N - 5,2027***I + 0,04147***I^2 - 0,005175***NI$$

$$R^2 = 0,966 \quad (p<0,0001)$$

Figura 15 – Razão de área foliar (cm² FV/g MST_{PA}) do *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, sob doses de nitrogênio (kg/ha) e idades da planta (d).

Na Figura 15 visualiza-se uma redução da razão de área foliar com o avançar da idade até 70 dias, isto devido ao aumento em massa da parte aérea ter sido superior ao aumento em área foliar. No entanto, nas idades iniciais, as doses de N elevaram a razão de área foliar devido à promoção em área foliar ter sido maior que em massa da parte aérea, resultado da elevação da relação massa fresca : massa seca, ou seja, da succulência. O efeito do N reduziu-se, à medida que a planta desenvolveu-se, chegando a ser anulado aos 70 dias.

4.4 Irradiância

4.4.1 Irradiância fotossintética incidente

Os valores encontrados para irradiância ($\mu\text{mol/m}^2.\text{s}$) podem ser observados na

Tabela 4, demonstrando que o delineamento inteiramente casualizado foi escolhido da maneira correta, visto que este parâmetro não foi afetado nas parcelas (N) ou sub-parcelas (idade da planta).

Tabela 4 – Radiação incidente ($\mu\text{mol/m}^2.\text{s}$) nos vasos plantados com *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1

Dose N (Kg/ha)	Idade da Planta (d)					média
	14	28	42	56	70	
0	673	728	696	677	601	676
100	476	762	796	632	717	677
200	426	524	777	657	715	620
300	635	787	765	707	672	713
média	552	701	759	669	677	672

Os valores de radiação incidente, entre as doses de N aplicadas, variou, em média, de 620 a 720 $\mu\text{mol/m}^2.\text{s}$, enquanto durante o período experimental, dos 14 aos 70 dias, variou, em média, de 550 a 760 $\mu\text{mol/m}^2.\text{s}$. De acordo com a variação estacional da radiação ao longo do ano, era esperado que a radiação incidente no início do período experimental (final de abril) fosse superior à radiação incidente no final do período (início de julho), entretanto as baixas radiações incidentes observadas aos 14 e 28 dias foram obtidas em dias parcialmente nublados.

Como a irradiância incidente, a irradiância que chegava ao solo e a irradiância refletida feitas nos vasos que seriam coletadas as amostras referentes às idades, todas foram feitas em condições semelhantes, repetindo-se a medição no caso das nuvens cobrirem o sol no meio de uma medição.

4.4.2 Percentual de irradiância fotossintética interceptada

Na análise de variância feita previamente à regressão múltipla, o N mostrou-se altamente significativo ($p<0,0001$), enquanto que a idade da planta e a interação entre os fatores não respondeu significativamente. Como pode ser visto na Figura 16, o resultado obtido pelo N ajustou-se melhor a um modelo quadrático, onde o aumento da dose de N aumenta o percentual de radiação fotossintética ativa interceptada, como consequência do fechamento do dossel com o desenvolvimento da planta em resposta a maior disponibilidade de N no solo.

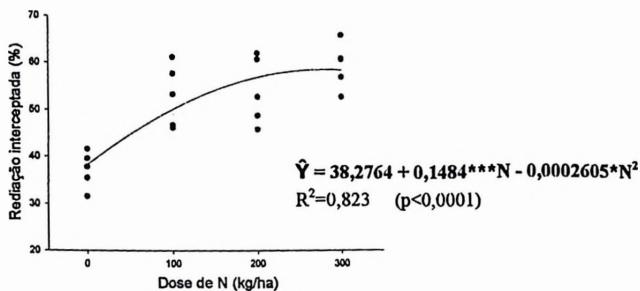


Figura 16 – Percentual de radiação fotossintética ativa interceptada pelo *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, sob doses de nitrogênio (kg/ha) e idades da planta (d).

Inicialmente, quando ainda não há competição por luz, a maior proporção de radiação visível chega aos aparelhos fotossintetizantes, aumentando o crescimento da parte aérea, principalmente nas maiores doses de N. Com o avanço da idade, inicia-se a competição por luz, e as plantas e, ou, partes das plantas, sombreadas tornam-se deficientes em absorver N (WOLEDGE, 1978). Assim, pequenas diferenças iniciais na interceptação de luz entre indivíduos dentro de uma população de plantas são progressivamente realçadas pela incapacidade das plantas sombreadas em satisfazer sua demanda de N para maximização da expansão foliar para captura de luz e a realização da fotossíntese, reduzindo a capacidade fotossintética média das folhas inseridas na porção inferior do dossel, passando a dreno de fotoassimilados e fonte de N para as folhas mais novas. Esta pode ser uma explicação para que a resposta da interceptação da radiação ao N seja quadrática, visto que o N promoveu um grande desenvolvimento da parte aérea e fechando o dossel. Dessa forma, haveria uma redução na taxa de crescimento da parte aérea, uma elevação da senescência e uma redução da natalidade de perfilhos vegetativos e produção de novas folhas, até o IAF ‘ótimo’ (95 %), ponto este não alcançado neste estudo. Neste enfoque, para um aumento na dose de N esperaria-se que houvesse um aumento da radiação interceptada, entretanto, pela equação encontrada para esse parâmetro apresentou seu ponto de máxima com 285 kg de N/ha. O mesmo foi encontrado por FAGUNDES (1999), para o capim-Coastcross, que apresentou valores de interceptação luminosa inferiores aos 95 %, para alturas de dossel mantidos em ‘steady-state’ de cinco, 10, 15 e 20 cm, diferentemente do Tifton-85.

Quando o dossel se desenvolve, a distribuição de N entre folhas de diferentes camadas segue o perfil da extinção luminosa (HIROSE et al., 1988 e LEMAIRE et al., 1991, citados por CAVALCANTE, 2001) e, portanto, o alto teor de N de plantas ‘dominantes’ que desenvolve suas folhas na camada superior do dossel, é progressivamente compensado pelo baixo teor de N de plantas ‘dominadas’.

A idade da planta seguiu o caráter biológico da planta, entretanto este crescimento até 70 dias não foi significativo dentro de cada dose, concluindo-se que 70 dias foi um período curto para esse tipo de avaliação.

Segundo BROUGHAM (1962) citado por GOMIDE (1997), o progressivo aumento de folhas por perfilho e de perfilhos por planta determina o aumento do IAF do dossel e, então, o rendimento forrageiro, via crescente percentual de interceptação da radiação luminosa, concordando com os resultados observados no presente estudo, onde as doses de N aumentaram o número de perfilhos por planta (Figura 28) e área foliar, e,

concomitantemente, pode ser observado o aumento em interceptação da irradiação fotossintética.

Durante o período experimental, a radiação interceptada variou de 38 a 60 %, ou seja, abaixo do percentual relacionado ao IAF ‘ótimo’, de 95 %, como anteriormente comentado. No entanto, BROUGHAM (1956, 1957) observou que gramíneas temperadas atingem 95 % da radiação interceptada em IAF’s mais elevados que gramíneas tropicais, em torno de 3,5 a 5,0. Já HUMPHREYS (1966), encontrou IAF’s variando de três a cinco para esse mesmo percentual de radiação interceptada.

Nesse estudo, o IAF variou de 0,47 a 3,62 (anexo I), e mesmo com IAF’s acima de 3,0, chegou-se a apenas 60 % de irradiação fotossintética interceptada. No entanto, FAGUNDES et al. (1999, 2001), estudando as cultivares Tifton-85, florakirk e coastcross, mantidas de cinco a 20 cm, com a aplicação de 150 kg de N/ha, somente observou interceptação luminosa de 95 % para a cultivar Tifton-85, com IAF’s que variaram de 2,04 a 3,71. Esses mesmos autores concluíram que a cultivar coastcross apresentou o menor percentual de interceptação luminosa, variando de 5,3 a 89,9 %, com uma média de 55 %, para IAF’s também inferiores, de 0,21 a 1,64, ou seja, a faixa de interceptação da irradiação fotossintética observada no presente estudo foram similares ao exposto por esses autores.

BURTON et al. (1993), observou que maiores IAF’s são encontrados em plantas de porte mais elevado, folhas mais largas e mais compridas, que é o caso do Tifton-85, apresentado por FAGUNDES et al. (1999, 2001), em relação ao capim-coastcross.

Usando o enfoque abordado por MONTEITH (1972) citado por CAVALCANTE (2001), para a análise do crescimento cultural, é possível relacionar diretamente a quantidade de biomassa acumulada acima do solo num relvado durante um determinado período e a quantidade de radiação fotossintética ativa (RFA) absorvida pelo dossel durante o mesmo período de tempo. Em geral, para muitas culturas, é encontrada uma relação linear entre biomassa acima do solo e RFA interceptada durante o curso de tempo de crescimento (GOSSE et al., 1986 citados por CAVALCANTE, 2001), cuja pendente é chamada de eficiência de uso da radiação (EUR).

4.4.3 Refletância

Na análise de variância, somente a idade da planta apresentou efeito significativo ($p < 0,0001$). O modelo quadrático também foi o que melhor se ajustou aos dados (Figura 17). Os resultados foram contrários ao esperado, pois o N, através do aumento em área foliar, promove um aumento da fotossíntese, e portanto da absorbância de radiação fotossintética, e do teor de clorofila nas folhas, tornando-as de coloração verde mais intenso, e, por consequência, reduziria a refletância. No entanto, a refletância não depende exclusivamente das clorofilas, mas também do brilho e transparência da cutícula e epiderme, que não foram avaliadas nesse estudo.

Pode-se observar na Figura 17 que algum efeito da adubação nitrogenada houve, porém foi inconsistente. Isso pode ser devido ao aumento em área foliar propiciado pela adubação nitrogenada, o que poderia acarretar em um efeito de diluição do teor das clorofilas sintetizadas. São necessárias novas medições para testar esta possibilidade.

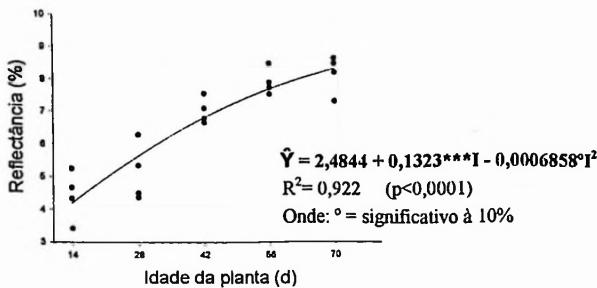


Figura 17 – Refletância (%) do *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, sob doses de nitrogênio (kg/ha) e idades da planta (d).

Todavia, os valores obtidos do coeficiente de reflexão para a RFA, estão dentro daqueles mencionados na literatura (NORMAN & ARKEBAUER, 1999) e o pequeno aumento observado em função da ontogenia da planta, de 4,5 % aos 14 dias, para 9 % aos 70 dias, que de fato, é contrário ao esperado, pode ser o resultado do confinamento do crescimento das plantas à superfície restrita dos vasos. Com efeito, foi observado que, aos 14 dias os perfilhos ainda mantinham porte ereto, mas com o aumento da idade das plantas, os perfilhos basais e seus perfilhos laterais aumentaram a sua decumbência a se alongaram para fora da superfície dos vasos, propiciando a ‘abertura’ do mini-dossel. Este fenômeno de acamamento é visto inclusive em gramíneas cespitosas plantadas com menores densidades de plantio, gerando as chamadas ‘touceiras em forma de taça’. Nessas situações, a maior exposição de folhas orientadas ao acaso, aumentaria o coeficiente de reflexão global do dossel.

4.5 Composição Bromatológica

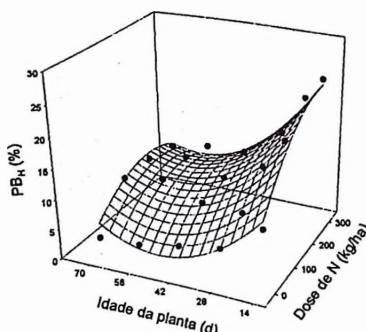
Em geral, verifica-se redução no valor nutritivo da forrageira com o avanço do estágio de desenvolvimento da planta. Comumente ocorre redução nos teores de proteína bruta e aumento nos teores de matéria seca, celulose e lignina, com consequente redução na digestibilidade da forrageira (VAN SOEST, 1994). Resultados apresentados por WILSON (1982) mostram que a diminuição na quantidade e qualidade de luz provocada pelo sombreamento resultou em redução da digestibilidade e aumento na proporção de parede celular. O fotoperíodo por ser menos variável em regiões de clima tropical, apresentou, segundo WILSON (1982), efeitos reduzidos e inconsistentes sobre a qualidade de forrageiras, à exceção do estímulo ao florescimento, que reduz a digestibilidade pelo aumento acelerado da relação folha : colmo. Por outro lado, a nebulosidade e o sombreamento tendem a diminuir o valor nutritivo da forragem (VAN SOEST, 1994).

4.5.1 Proteína bruta

- Colmo

Este parâmetro, para colmo, não obteve distribuição normal ou homogênea nos testes de Lillifors, Cochran ou Bartlett, mesmo tendo sofrido transformação logarítmica, mas mostrou efeito altamente significativo ($p<0,0001$) para os dois fatores, N e idade da planta, e para a interação destes.

Não ter distribuição normal e homogênea restringe a discussão da função que melhor ajustou-se aos dados da regressão múltipla, a qual foi uma função quadrática completa, ou seja, que apresenta efeito quadrático para os dois fatores e também sofre o efeito da interação (Figura 18), porém, quadrático positivo para o N e negativo para a idade da planta.



$$\hat{Y} = 20,3346 + 0,08806^{***}N - 0,0001377^{***}N^2 - 0,7533^{***}I + 0,007695^{***}I^2 - 0,0004970^{***}NI$$

$$R^2 = 0,949 \quad (p < 0,0001)$$

Figura 18 - Percentual de proteína bruta nas colmos do *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, sob doses de nitrogênio (kg/ha) e idades da planta (d).

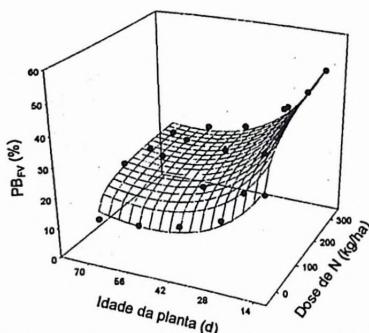
Observa-se que a adubação nitrogenada elevou o teor de proteína bruta em todas as doses aplicadas, com resposta marcante no crescimento inicial, tendo alcançado diferença significativa acima de 100 % para a dose de 300 kg de N/ha, em relação ao crescimento sem adubação nitrogenada, aos 14 dias. A partir do 42º dia, a resposta ao nitrogênio foi menos marcante, visto que o sombreamento, resultante do fechamento do dossel, reduz a absorção de N (WOLEDGE, 1978), afetando acentuadamente o teor de proteína bruta.

Efeito inverso ao do nitrogênio, sofre a planta com o avançar da idade, onde seu crescimento, em todas as doses aplicadas, reduziu o teor de proteína bruta até uma determinada idade, após a qual esse teor elevou-se ligeiramente até os 70 dias. Para esse fato, uma explicação plausível está relacionada ao crescimento e divisão celular. Até próximo aos 28 dias, a emissão de perfilhos basais era grande, época em que a divisão celular é acelerada, em detrimento do alongamento e diferenciação celular. Ou seja, perfilhos novos tem colmos e folha com uma proporção relativamente elevada de células pequenas e indiferenciadas. Depois passa a alongar-se e diferenciar-se, aumentando o ritmo de crescimento. A lignificação dos tecidos condutores e de sustentação reduz o teor de proteína bruta por deixar a proteína dessas células indisponível à digestão (PACIULLO, 2002).

Com o rápido crescimento inicial de perfilhos, há uma redução no teor de proteína bruta, até o ponto em que os novos perfilhos laterais, passam a predominar na população e garantam alto teor de proteína bruta, elevando novamente esse teor, quando se considera a planta como um todo.

- Folha verde

Houve efeito altamente significativo ($p<0,0001$) para os dois fatores estudados e para interação entre eles. A função obtida da regressão múltipla, que melhor ajustou-se aos dados, seguiu a mesma forma que a obtida para proteína bruta de colmos, apenas de forma raiz quadrática (Figura 19).



$$\hat{Y} = 99,2288 - 0,03188 * N + 2,0736^{***}\sqrt{N} + 1,7217^{***}I - 24,5792^{***}\sqrt{I} - 0,1090^{**}\sqrt{N}\sqrt{I}$$

$R^2=0,951 \quad (p<0,0001)$

Figura 19 - Percentual de proteína bruta nas folhas verdes do *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, sob doses de nitrogênio (kg/ha) e idades da planta (d).

A explicação para o efeito da adubação nitrogenada sobre os colmos pode ser a mesma para as folhas verdes, que também sofreram o efeito do sombreamento, reduzindo a absorção de nitrogênio e síntese de proteína. O que diferencia é a forma da curva entre zero e 100 kg de N/ha, visto que nas folhas verdes a transição é abrupta, mostrando que o N é potencializador da síntese de proteína, principalmente para as folhas. Pelos resultados observados por GARCEZ NETO et al. (2001), como o aumento na taxa de aparecimento foliar e na taxa de alongamento foliar gerado pelo N, pode concluir que essas variáveis morfogênicas estariam altamente correlacionadas com a divisão e o alongamento celular. A cada nova célula que se forma, é necessário um *input* de N para formação dos aminoácidos, mostrando que a ausência de adubação nitrogenada dificulta a formação de novas células, logo, de novos tecidos.

A idade respondeu de forma semelhante, porém não volta a elevar o teor de proteína bruta após os 42 dias, visto que folhas mais velhas e sombreadas tem baixa capacidade fotossintética e são drenos metabólicos de fotoassimilados, passando a servirem como fonte de nutrientes remobilizados para novos tecidos.

À medida que há um avanço na idade da planta, a atividade metabólica tende a ser menor, razão pela qual a síntese de compostos proteicos diminui em comparação com idades mais jovens (HERRERA & HERNANDEZ, 1987). Outra possível explicação, talvez complementar, é a de que em estágio mais avançado de maturidade haveria uma maior presença de folhas velhas ou mortas no material coletado (STANLEY et al., 1977).

Quando a disponibilidade de N no solo não é limitante, o percentual do N crítico da planta, ou seja, o percentual do N mínimo na planta para alcançar a taxa de

crescimento máxima, diminui quando as plantas tornam-se maiores (LEMAIRE & SALETTE, 1984 citados por CAVALCANTE, 2001), é o chamado efeito de diluição.

Esse declínio na quantidade de N necessário para produzir uma nova unidade de forragem (g de N/g de MS) com o aumento de massa de forragem é consequência do aumento na proporção de material estrutural quando as plantas tornam-se maiores, conforme demonstrado por LEMAIRE & GASTAL (1997) e, do sombreamento das folhas com o desenvolvimento do IAF, em que há o declínio progressivo do conteúdo de N por unidade de área foliar quando as folhas são sombreadas (HIROSE et al., 1988 e LEMAIRE et al., 1991 citados por CAVALCANTE, 2001).

O declínio no N crítico da planta com o aumento da massa, paralelo ao declínio na razão de área foliar (RAF), conforme verificado para o sorgo por LEMAIRE & GASTAL (1997), gera um acúmulo de N no dossel acima do solo, que é linearmente relacionado com o IAF. Quando o dossel da planta se desenvolve, maior proporção de folhas são sombreadas e parte do N dessas folhas é remobilizado e translocado para folhas em expansão. Porém, essa redução aparente do N para a expansão de área foliar extra é acompanhada por um investimento de suprimento de N no colmo ou tecidos de sustentação para colocar as novas folhas na parte superior do dossel, ou seja, na camada que recebe os maiores níveis de irradiação solar.

Quando a disponibilidade de N no solo não atende a exigência de N para manutenção da planta, diminui proporcionalmente a razão entre a quantidade de N real da planta e N crítico da planta (LEMAIRE & GASTAL, 1997). Essa razão pode ser considerada como um indicador do status nutricional de N do relvado e pode ser usado com o propósito de diagnóstico.

Diferentemente dos resultados para o fator idade aqui encontrados (Figura 18 e Figura 19), FERRARI JÚNIOR (1991) verificou, para o capim-Coastcross, um efeito linear negativo das idades, aos 42, 56, 70 e 84 dias, respectivamente.

MONKS & LOPEZ (1983) observaram teores de N abaixo do mínimo necessário para a produção animal, na época das águas, em torno de 1,07 % de N, equivalente a 6,70 % de proteína bruta, enquanto MORAES et al. (1998) registraram teor de N de 2,94 %, ou seja, 18,4 % de proteína bruta, quando adubou esta gramínea, semelhante aos resultados encontrados por POSTIGLIONI & MESSIAS (1998), com teor de N de 2,74 %, correspondente a 17,1 % de proteína bruta. No presente estudo, somente os colmos tiveram teores de proteína bruta abaixo de 7 %, quando da ausência de adubação nitrogenada, a partir dos 28 dias.

Da mesma forma que neste estudo, GOMIDE (1996) em Jaboticabal, avaliando os teores de PB de cinco cultivares de *Cynodon*, em cinco idades de crescimento, 14, 28, 42, 56 e 70 dias, concluindo que aos 14 e 28 dias de idade, os teores foram mais elevados ($p<0,05$) do que nas outras idades. No entanto, esse mesmo autor realçou que, em momento algum, estes teores estiveram abaixo de 7 %, considerado, segundo BOGDAN (1977), como o mínimo para a manutenção dos animais.

ESTRADA (2000), utilizando 20 kg de N/ha a cada corte, obteve, nos capins do gênero *Cynodon* e *Digitaria*, com 42 dias de idade, teores de N muito baixos, o que faz com que essa idade não seja aconselhada para o manejo, corroborando com o observado no presente experimento, na ausência de adubação nitrogenada.

Os resultados do presente estudo também encontram confirmação naqueles obtidos por RAMOS et al. (1980 e 1982), com a grama estrela, e RIBEIRO et al. (1998), com capim Tifon-85, avaliando os efeitos de doses de N e intervalos entre cortes de 28 a 56 dias, os quais observaram a diminuição do teor de PB com o desenvolvimento vegetativo, e o aumento com as doses de N. Segundo RAMOS et al. (1980 e 1982), tais teores de PB variaram de 7,5 a 14 %, no intervalo de 28 aos 42 dias,

até a dose de 400 kg de N/ha, e segundo RIBEIRO et al. (1998), de 6,6 a 10,1 % de PB, quando as plantas eram colhidas aos 56 e 28 dias, respectivamente, com a dose de 100 kg/ha. MISLEVY et al. (1989a,b), observaram teores médios de 10,6 % de PB no capim-Coastcross em produções de 18 t de MS/ha. Resultados semelhantes foram obtidos por ALVIM et al. (1996), trabalhando com o capim-Coastcross. No entanto, quando estes autores elevaram intervalo entre cortes, o teor de PB se reduziu com a dose de 400 kg/ha.

MORAES et al. (1998), avaliando o percentual de PB de seis cultivares do gênero *Cynodon* no Paraná, observaram valores mais elevados para as cultivares Coastcross e Estrela Porto Rico, sendo que a cultivar Tifton-85 apresentou um teor inferior. MARTINEZ et al. (1980), em pastagens de Coastcross, obteveram teores médios de 16,5 % de proteína bruta (similares aos observados neste estudo), e mostraram que o manejo bem conduzido, através de uma adequada adubação nitrogenada, pode reduzir de forma significativa o fornecimento de concentrado para os animais a pasto.

4.5.2 Fibra em detergente ácido (FDA)

- Colmo

Não houve efeito da adubação nitrogenada na análise de variância, entretanto a idade da planta apresentou efeito altamente significativo ($p<0,0001$). O modelo que melhor se ajustou aos dados foi um modelo linear para esse fator (Figura 20). Em função da alto coeficiente de variação entre repetições, o modelo não absorveu uma alta proporção da variabilidade total ($R^2 \approx 50\%$), mas a tendência de queda linear da fração FDA no colmo, com a idade, foi estatisticamente significativa.

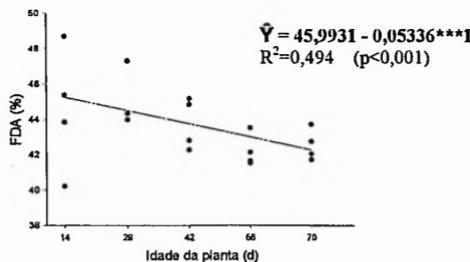


Figura 20 – Fibra em detergente ácido de colmos (%) do *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, sob doses de nitrogênio (kg/ha) e idades da planta (d).

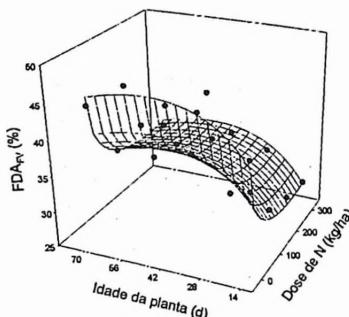
Feita essa ressalva, pode-se observar que o teor de FDA reduziu com o avançar da idade, o qual pode ser explicado pelo fato do grande nascimento de perfilhos, o que levou a parte aérea a manter-se sempre com células pouco diferenciadas, ao invés de desenvolver, alongar os colmos, formar a parede secundária das células e aumentar os teores de ligninas nos perfilhos existentes.

- Folha verde

Houve efeito altamente significativo ($p<0,0001$) tanto para N como para a idade da planta, mas a interação foi apenas significativa ($p<0,05$) na análise de variância. No entanto, a função que melhor ajustou-se aos dados não apresentou efeito significativo de

interação entre estes dois fatores, mas apenas efeito raiz quadrático tanto para o N quanto para a idade da planta (Figura 21).

O efeito raiz quadrático do N mostrou-se negativo, reduzindo o percentual de FDA nas folhas verdes com acréscimo de N, em todas as idades testadas, entretanto a idade da planta, induziu a um efeito raiz quadrático positivo, em todas as doses de N avaliadas, aumentando o teor de FDA do Coastcross com o avançar da idade, até os 70 dias.



$$\hat{Y} = 14,0998 + 0,05092^{***}N - 1,5062^{***}\sqrt{N} - 0,6697^{***}I + 9,3463^{***}\sqrt{I}$$
$$R^2 = 0,960 \quad (p < 0,0001)$$

Figura 21 - Fibra em detergente ácido de folhas verdes (%) do *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, sob doses de nitrogênio (kg/ha) e idades da planta (d).

Observa-se que a aplicação de N no solo reduziu acentuadamente o teor de FDA das folhas verdes em todas as idades avaliadas, mas o efeito observado entre 100 e 300 kg N/ha é muito reduzido, ou nulo aos 70 dias. O efeito da idade foi pouco marcante em qualquer dose de nitrogênio, até 300 kg de N/ha, sendo mais acentuado entre 14 e 28 dias.

RAMOS et al. (1980 e 1982), avaliando os efeitos de doses de N, até 400 kg/ha.ano e intervalos de cortes de quatro, cinco e seis semanas com a grama estrela (*Cynodon nemfluensis*), corroboram com os resultados do presente estudo para folhas verdes, quando observaram o maior teor de fibra aos 42 dias, expressos como fibra bruta, e também por não terem observado efeito da dose de N no teor de fibra, e neste estudo, o mesmo foi encontrado para FDA nos colmos.

Por outro lado, os resultados obtidos por NASCIMENTO JÚNIOR & PINHEIRO (1975) mostram aumentos nos teores de FDA e lignina do capim-jaraguá (*Hyparrhenia rufa*), com o maior desenvolvimento vegetativo.

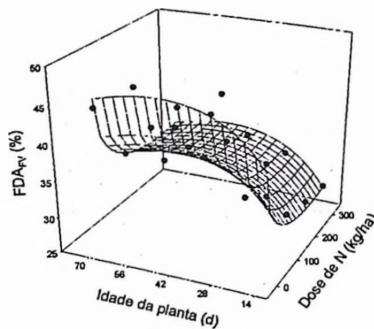
4.5.3 Celulose

- Colmo

O percentual de celulose nos colmos não sofreu efeito significativo do N, porém a idade da planta e a interação N vs. idade, apresentaram efeito altamente significativo ($p < 0,0001$). O modelo que melhor ajustou os dados apresentou efeito quadrático para a idade da planta e linear para sua interação com o N, apesar de ter coeficiente de determinação muito baixo (Figura 22).

interação entre estes dois fatores, mas apenas efeito raiz quadrático tanto para o N quanto para a idade da planta (Figura 21).

O efeito raiz quadrático do N mostrou-se negativo, reduzindo o percentual de FDA nas folhas verdes com acréscimo de N, em todas as idades testadas, entretanto a idade da planta, induziu a um efeito raiz quadrático positivo, em todas as doses de N avaliadas, aumentando o teor de FDA do Coastcross com o avançar da idade, até os 70 dias.



$$\hat{Y} = 14,0998 + 0,05092^{***}N - 1,5062^{***}\sqrt{N} - 0,6697^{***}I + 9,3463^{***}\sqrt{I}$$

$R^2 = 0,960 \quad (p < 0,0001)$

Figura 21 - Fibra em detergente ácido de folhas verdes (%) do *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, sob doses de nitrogênio (kg/ha) e idades da planta (d).

Observa-se que a aplicação de N no solo reduziu acentuadamente o teor de FDA das folhas verdes em todas as idades avaliadas, mas o efeito observado entre 100 e 300 kg N/ha é muito reduzido, ou nulo aos 70 dias. O efeito da idade foi pouco marcante em qualquer dose de nitrogênio, até 300 kg de N/ha, sendo mais acentuado entre 14 e 28 dias.

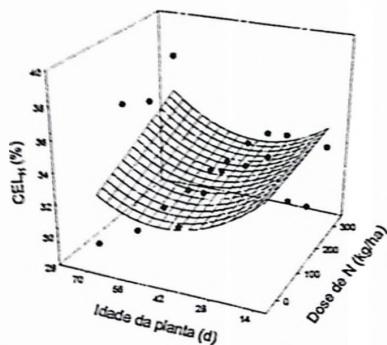
RAMOS et al. (1980 e 1982), avaliando os efeitos de doses de N, até 400 kg/ha.ano e intervalos de cortes de quatro, cinco e seis semanas com a grama estrela (*Cynodon nemfluensis*), corroboram com os resultados do presente estudo para folhas verdes, quando observaram o maior teor de fibra aos 42 dias, expressos como fibra bruta, e também por não terem observado efeito da dose de N no teor de fibra, e neste estudo, o mesmo foi encontrado para FDA nos colmos.

Por outro lado, os resultados obtidos por NASCIMENTO JÚNIOR & PINHEIRO (1975) mostram aumentos nos teores de FDA e lignina do capim-jaraguá (*Hyparrhenia rufa*), com o maior desenvolvimento vegetativo.

4.5.3 Celulose

- Colmo

O percentual de celulose nos colmos não sofreu efeito significativo do N, porém a idade da planta e a interação N vs. idade, apresentaram efeito altamente significativo ($p < 0,0001$). O modelo que melhor ajustou os dados apresentou efeito quadrático para a idade da planta e linear para sua interação com o N, apesar de ter coeficiente de determinação muito baixo (Figura 22).



$$\hat{Y} = 36,8918 - 0,2473^{***}I + 0,002595^{**}I^2 + 0,0001475^{**}NI$$

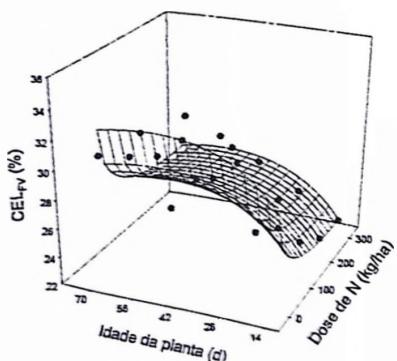
$$R^2 = 0,470 \quad (p<0,01)$$

Figura 22 - Percentual de Celulose nas colmos do *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, sob doses de nitrogênio (kg/ha) e idades da planta (d).

- Folha verde

Na análise de variância houve efeito altamente significativo ($p<0,0001$) do N, da idade e da interação N vs. idade nos percentuais de celulose nas folhas verdes. A função que melhor ajustou-se aos dados, apresentou para o N e idade da planta efeito raiz quadrático. Nenhum modelo de regressão testado apresentou significância para a interação entre os dois fatores (Figura 23).

O efeito raiz quadrático do N foi negativo, de modo que o aumento da adubação nitrogenada até 300 kg/ha, reduziu o percentual de celulose nas folhas verdes, tendo efeito marcante entre as doses zero e 100 kg de N/ha, em todas as idades testadas. No entanto, a idade das plantas demonstrou efeito raiz quadrático positivo, aumentando o percentual de celulose nas folhas verdes, em todas as doses de N, até 300 kg/ha, porém com efeito menos marcante que o N.



$$\hat{Y} = 16,6768 + 0,02119^{**}N - 0,6864^{***}N - 0,2975^{**}I + 4,3730^{***}NI$$

$$R^2 = 0,931 \quad (p<0,0001)$$

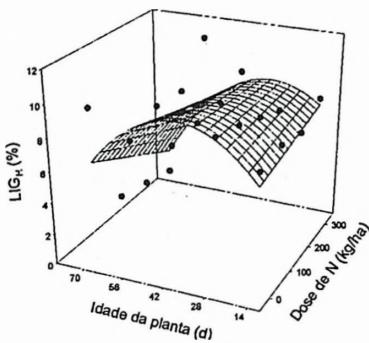
Figura 23 - Percentual de Celulose nas folhas verdes do *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, sob doses de nitrogênio (kg/ha) e idades da planta (d).

A energia constitui a principal contribuição das forragens para o animal em pastojo, segundo SILVA & QUEIROZ (2002). Nestas, a energia está contida sob a forma de celulose e hemicelulose e, às vezes, conforme a espécie vegetal, também na forma de sacarose e amido, embora em menor proporção.

4.5.4 Ligninas

- Colmo

A adubação nitrogenada e a idade da planta apresentaram efeito altamente significativo ($p<0,0001$) na análise de variância, sobre os teores de ligninas no colmo do capim-Coastcross. Através da análise de regressão múltipla, a função que melhor ajustou-se aos dados apresentou efeito linear para o N, efeito quadrático para a idade da planta e mostrou-se significativa para a interação entre N e a idade (Figura 24).



$$\hat{Y} = 2,9780 + 0,007496 * N + 0,3246^{***} I - 0,003962^{***} I^2 - 0,0002597^{**} NI$$

$R^2 = 0,718 \quad (p<0,0001)$

Figura 24 – Percentual de Ligninas nas colmos do *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, sob doses de nitrogênio (kg/ha) e idades da planta (d).

O efeito do N, nas primeiras idades, 14 e 28 dias, apresentou-se positivo, onde o percentual de lignina nos colmos aumentou até a dose de 300 kg/ha. Esse efeito pode ser explicado pelo fato do N ter elevado o crescimento dos colmos no desenvolvimento inicial da planta, após o corte de uniformização. A elongação dos colmos gera a necessidade de maior acúmulo de tecidos de sustentação das folhas de mais alta inserção no colmo (PACIULLO, 2002), responsáveis pela maior interceptação de radiação fotossintética ativa. Com o avanço da idade, devido o hábito de crescimento desta cultivar ser estolonífero e decumbente, e a produção de perfilhos laterais ser maior quanto maior a dose de N, a necessidade de tecido de sustentação passa a ser menor, posto que tais perfilhos laterais são de menor tamanho, além das suas folhas ocuparem todas as posições angulares possíveis, interceptando a maior parte da irradiação (Figura 16).

O efeito quadrático da idade da planta foi positivo em qualquer dose de N, até 300 kg/ha, de forma semelhante ao observado no percentual de MSTc, o qual está relacionado ao teor de lignina, podendo ser explicado da mesma forma.

A interação mostra-se mais clara quando o efeito do N sobre o teor de ligninas torna-se negativo, durante as idades testadas.

Na nutrição animal, a importância das ligninas prende-se a sua influência negativa sobre a digestibilidade de outros nutrientes, evidenciada pelas altas correlações

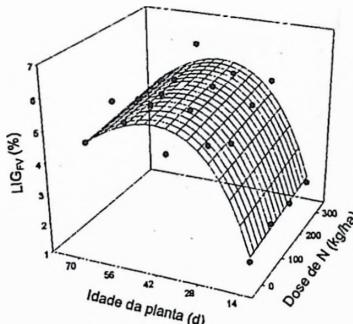
negativas do teor de ligninas com a digestibilidade da matéria seca, da celulose e da hemicelulose (SILVA & QUEIROZ, 2002). BLANCE (1962), cita que esta alta correlação negativa pode ser ocasionada pela indigestibilidade da lignina por si ou por uma 'barreira física' que as ligninas indigeridas oferecem a digestão dos nutrientes no interior da célula.

Segundo SILVA & QUEIROZ (2002), o conteúdo das ligninas varia de 4 a 12 %, podendo chegar nas forragens mais fibrosas a 20 % da matéria seca. No entanto, VAN SOEST (1964), discorre sobre o tratamento da forragem durante o preparo das amostras no laboratório, que ao submetê-la a temperaturas superiores a 55 °C, pode resultar em teor aparente da lignina mais elevados, devido a formação do complexo hemicelulose e proteína com a lignina, assim, como a matéria seca foi levada a 65 °C para a obtenção da matéria pré-seca, pode ser que os valores encontrados sejam maiores que os reais.

- Folha verde

Na análise de variância para o teor de ligninas nas folhas verdes, o N apresentou efeito significativo ($p \leq 0,05$), a idade da planta, altamente significativo ($p < 0,0001$). Na Figura 25, observa-se que o N afetou o teor de lignina das folhas verdes de forma linear, enquanto a idade da planta, de forma raiz quadrática, onde, para os dois fatores o efeito foi positivo, tanto do N em todas as idades testadas, como da idade, em todas as doses de N testadas.

Comparando a resposta obtida nos colmos e nas folhas verdes quanto aos teores de ligninas, pode-se observar que o efeito do N foi mais marcante nos colmos, porém, quando se considera a idade da planta, a variação do percentual de ligninas é maior nas folhas verdes, onde também se observa que o ponto de máximo percentual de ligninas nas folhas verdes, para doses de N até 300 kg/ha, é mais tardio quando comparado ao ponto de máximo percentual de ligninas nos colmos.



$$\hat{Y} = 12,1702 + 0,001368 * N - 0,3779^{***} I + 5,1541^{***} \sqrt{I}$$

$$R^2 = 0,964 \quad (p < 0,0001)$$

Figura 25 - Percentual de Lignina nas folhas verdes do *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, sob doses de nitrogênio (kg/ha) e idades da planta (d).

O efeito do N sobre o percentual de ligninas foi baixo, por estar relacionado com o efeito do N sobre as características morfogênicas nas folhas, tendo como consequência folhas mais longas (GARCEZ NETO et al., 2001), necessitando maior

quantidade de tecidos condutores na folha e de sustentação para que a folha esteja posicionada de forma a receber maior quantidade de radiação fotossintética ativa (WOLEDGE, 1978).

A idade atuou da mesma forma em todas as doses de N aplicadas, de maneira que o percentual de ligninas aumenta até o ponto em que os perfis laterais passam a predominar sobre os basais na população de perfis. A partir desse ponto, o aumento em perfis laterais passa a reduzir, lentamente, o teor de ligninas, visto que apresentam folhas menores, que tem menor necessidade de sustentação, e em maior quantidade e mais novas, pois as mais velhas, já estavam senescentes e não compuseram a fração folhas verdes.

NASCIMENTO JÚNIOR & PINHEIRO (1975) mostraram aumentos nos teores de lignina do capim-jaraguá (*Hyparrhenia rufa*) (Nees) Staf, com seu maior desenvolvimento vegetativo.

4.5.5 Cinzas insolúveis em detergente ácido (CIDA)

- Colmo

Ao realizar a análise de variância para o teor de CIDA para os colmos, verificou-se efeito altamente significativo ($p<0,0001$) para N, idade da planta e para a interação N vs. idade. O modelo que melhor ajustou-se aos dados pode ser visto na Figura 26. Não houve efeito do N e, quanto à idade da planta e sua interação com o N, o efeito foi linear. Observa-se que este modelo, tendo o coeficiente de determinação (R^2) muito baixo.

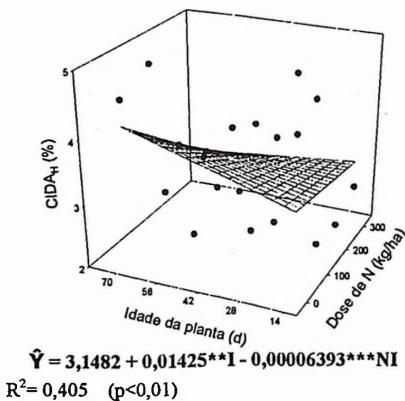
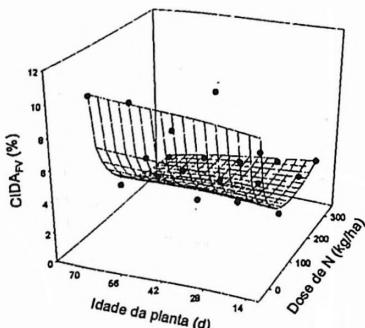


Figura 26 - Percentual de Cinzas Insolúveis em Detergente Ácido nas colmos do *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, sob doses de nitrogênio (kg/ha) e idades da planta (d).

- Folha verde

Na análise de variância do teor de CIDA nas folhas verdes foi observado efeito altamente significativo para o N ($p<0,0001$) e para interação N vs. idade da planta ($p<0,001$), além de um efeito significativo ($p<0,05$) para a idade da planta. O modelo apresenta efeito raiz quadrático do N e linear da idade da planta e da interação entre as doses de N e as idades estudadas no teor de CIDA das folhas verdes (Figura 27).



$$\hat{Y} = 8,8150 + 0,03763N - 0,9218\sqrt{N} + 0,02250I - 0,0001595NI$$

$R^2 = 0,975 \quad (p < 0,0001)$

Figura 27 - Percentual de Cinzas Insolúveis em Detergente Ácido nas folhas verdes do *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1, sob doses de nitrogênio (kg/ha) e idades da planta (d).

O efeito raiz quadrático para o N foi negativo, até os 70 dias de idade da planta, reduzindo acentuadamente o percentual de CIDA entre a ausência de adubação nitrogenada e a dose de 100 kg N/ha, e efeito minimizado entre as doses 100 e 300 kg N/ha.

Observa-se um efeito linear negativo da idade da planta sobre o teor de CIDA nas folhas verdes, até os 70 dias, com a aplicação de N, sendo inverso ao efeito obtido na ausência de adubação nitrogenada.

4.6 Perfilhamento

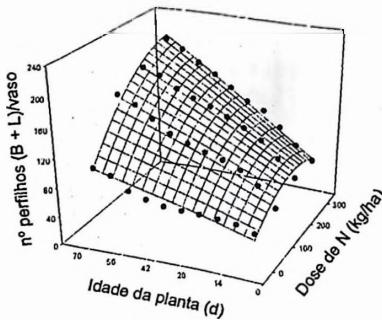
4.6.1 Densidade populacional de perfilhos vegetativos

Esta avaliação foi dividida em três partes, a primeira, obtida de todos os perfilhos vegetativos existentes, a segunda, apenas dos perfilhos basais, ou seja, aqueles originados de gemas basais, e a terceira, com apenas os perfilhos laterais, originados das gemas laterais.

- População total de perfilhos vegetativos

Sobre a densidade do total de perfilhos vegetativos, foram observados efeitos altamente significativos ($p < 0,0001$) do nível de adubação nitrogenada, da idade da planta e interação nível de adubação nitrogenada vs. idade da planta.

Através da análise de regressão múltipla, o modelo que melhor se ajustou aos dados foi um modelo com efeito quadrático para o nitrogênio e linear para idade da planta e para a interação (Figura 28).



$$\hat{Y} = 31,4822 + 0,3794***N - 0,001080***N^2 + 0,9498***I + 0,004738***NI$$

$R^2=0,988 \quad (p<0,0001)$

Figura 28 – Densidade de perfilhos de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1 em 10 idades, sob doses de adubação nitrogenada (Kg/ha).

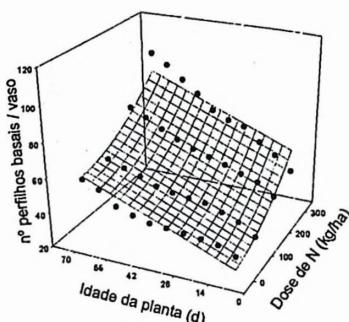
Segundo MITCHELL (1953a,b), a atividade de perfilhamento pode ser compreendida como uma resposta à mudanças de temperatura e regimes de luz, porém DAVIES & THOMAS (1983) afirmam que além destes, o perfilhamento também é controlado pela taxa de aparecimento de folhas. Neste experimento, como já discutido, a aplicação de N favoreceu uma maior produção de MST_{FV} (Figura 5), que asseguraram o aumento progressivo do número de perfilhos com o tempo. Isto é porque cada nova folha formada corresponde à geração de uma ou mais gemas axilares, indicando o potencial de perfilhamento de uma dada graminea forrageira (NABINGER, 1998).

Pode-se constatar que a produção de matéria seca do capim-Coastcross, observada na Figura 1, seguiu basicamente a mesma tendência dos padrões de perfilhamento observados, sugerindo grande dependência entre estas variáveis. Assim, pode-se inferir que uma estratégia racional de uso de fertilização seria a variação entre as doses de N aplicadas ao longo do período de crescimento desta cultivar, sendo utilizada a dose de 200 kg de N/ha, de forma parcelada, até os 42 dias e, de 300 kg de N/ha a partir desta idade até os 70 dias de crescimento livre com base nas estratégias de desenvolvimento fenológico e produção apresentadas por esta planta forrageira. Deve ser observado, entretanto, que BRUNET et al. (1990), observaram que a eficiência da aplicação de N (kg de MS/kg de N) foi reduzida quando do aumento de 80 para 240 Kg de N/ha.ano, o que é uma consequência inevitável da função de resposta da biomassa à aplicação de N, caracterizada pelo retorno decrescente da produção de MS em função do aumento das doses do nutriente (SINCLAIR & HORIE, 1989).

O perfil dinâmico da população de perfilhos, consequência da variação do tipo e origem de perfilhos predominantes, indica a necessidade de se considerar a adoção de alturas, de intensidades de pastejo ou de desfolhações variáveis, e dependentes do estágio de desenvolvimento da planta ao longo do ano, sob pena de que alturas pré-determinadas e fixas possam vir a prejudicar a formação e renovação de perfilhos em determinada época do ano, gerando, consequentemente, redução na densidade populacional e capacidade de rebrotação da pastagem (Da SILVA et al., 1998).

- População basal de perfilhos vegetativos

Como resultado da análise de variância foi observado efeito altamente significativo ($p<0,0001$) para a adubação nitrogenada e para a idade da planta sobre a população basal de perfilhos vegetativos. Na Figura 29 pode-se observar que o modelo escolhido apresenta efeito quadrático marcante para o N e linear para a idade da planta.



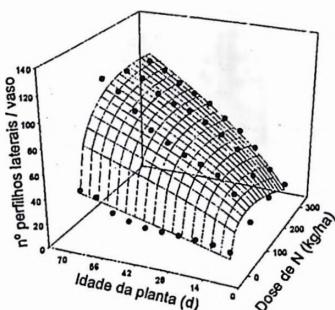
$$\hat{Y} = 19,9604 + 0,02795N + 0,0002698***N^2 + 0,5480***I$$

$R^2=0,959 \quad (p<0,0001)$

Figura 29 - Densidade de perfilhos basais de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1 em 10 idades diferentes, sob doses de adubação nitrogenada (kg/ha).

- População lateral de perfilhos vegetativos

Na análise de variância foi observado efeito altamente significativo ($p<0,0001$) tanto para o N como para a idade da planta sobre a população lateral de perfilhos vegetativos, além de efeito significativo para a interação ($p<0,001$) entre estes fatores. Na Figura 30 pode-se observar que o modelo apresenta efeito raiz quadrático para o N, linear para a idade da planta e interação na forma de raiz.



$$\hat{Y} = 7,1200 - 0,3173***N + 3,7313***\sqrt{N} + 0,4603***I + 0,7180***\sqrt{N}I$$

$R^2=0,988 \quad (p<0,0001)$

Figura 30 - Densidade de perfilhos laterais de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1 em 10 idades, sob doses de adubação nitrogenada (kg/ha).

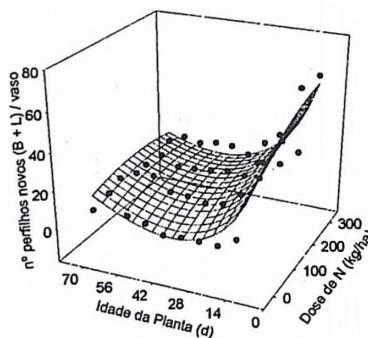
Pode-se observar que o nitrogênio estimulou acentuadamente o perfilhamento lateral, em qualquer dose aplicada, até os 70 dias de idade da planta. NOVOA (1984), analisando três espécies de *Cynodon*, observou que o número de perfilhos aéreos tem relação com a quantidade de N aplicada no solo, concordando com os resultados observados no presente estudo.

Diferenças nas taxas de aparecimento e de alongamento de folhas determinam a área foliar do perfilho. O número de folhas verdes por perfilho é razoavelmente constante, conforme o genótipo, condições de meio e manejo (CHAPMAN & LEMAIRE, 1993). A estabilização do número de folhas por perfilho e de perfilhos por planta constitui um índice objetivo para o manejo das forrageiras, com vistas a maximizar a eficiência de colheita sob sistema de corte ou lotação rotacionada, prevenindo perdas de folhas por senescência e morte (GOMIDE, 1997).

4.6.2 Demografia do perfilhamento vegetativo

- Nascimento total de perfilhos vegetativos

Para a taxa de natalidade nenhum modelo ajustou-se, e portanto os dados apresentados são os relativos ao número de perfilhos nascidos, a cada semana, durante as 10 semanas de observação. Na análise de variância, o N, a idade da planta ($p<0,0001$) e a interação entre o N vs. a idade da planta ($p<0,001$) apresentaram efeito altamente significativos. O modelo escolhido que melhor representa os resultados obtidos neste estudo aferem ao N um efeito quadrático, para a idade da planta, um efeito raiz quadrático e uma interação linear (Figura 31).



$$\hat{Y} = 109,712 + 0,1139***N - 0,0001564**N^2 + 2,7547***I - 34,4966***\sqrt{I} - 0,0008336***NI$$

$$R^2=0,921 \quad (p<0,0001)$$

Figura 31 - Nascimento total de perfilhos de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1 por semana, até 70 dias de idade da planta, sob doses de adubação nitrogenada (kg/ha).

Como já mencionado previamente, o corte de uniformização feito a cinco centímetros de altura do solo retirou toda área foliar existente. Assim, a planta forrageira, ao remobilizar os carboidratos de reserva pode utilizá-lo de duas formas básicas, seja para manter a respiração, ou seja, o metabolismo basal da planta, ou mesmo para a formação de novos tecidos (CARVALHO et al., 2001). Essa última, pode ser por meio de novos perfilhos ou do crescimento dos perfilhos remanescentes. As duas formas de crescimento ocorrem ao mesmo tempo nessa fase, como pode-se visualizar na

Figura 5, a produção de MST_{FV}, e na Figura 31, com o elevado nascimento de perfilhos, estimulado pela luminosidade chegando às gemas e ao solo (GRANT et al., 1983).

Após a emissão desses perfilhos, em grande número, a forrageira modifica sua forma de crescimento, reduzindo a taxa de aparecimento de novos perfilhos, e priorizando o crescimento e desenvolvimento dos perfilhos já nascidos.

O efeito do N pode ser observado, de forma marcante, no início do crescimento, estimulando o perfilhamento para formação precoce de novos tecidos fotossintetizantes. Dessa forma, observando a Figura 10 juntamente com a Figura 31, conclui-se que o N promoveu a formação rápida de área foliar. Isto poderia, reduzir o tempo de utilização dos carboidratos de reserva, ou seja, do balanço de energia negativo. Em contrapartida, o florescimento aos 35 dias poderia ter tido um efeito de continuar a redução da MSP_R, conforme já discutido no item 4.2.3.

- Taxa de mortalidade de perfilhos vegetativos

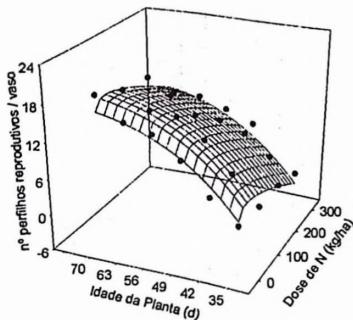
A taxa de mortalidade apresentou uma grande variação ao longo do experimento, com médias inferiores a um, tanto por tratamento, como para a maioria dos períodos, em intervalos de uma semana. Isto se deve ao fato da mortalidade de perfilhos resultar de uma série de eventos fisiológicos relacionados com o florescimento, pastejo severo, deposição de fezes e urina e predação por insetos (L'HUILLIER, 1987), porém a principal causa da morte de perfilhos vegetativos é o sombreamento, em virtude do desenvolvimento do dossel (COLVILL & MARSHALL, 1984). No presente estudo, não houve o pastejo, a deposição de fezes e urina e a predação por insetos, justificando a não ocorrência de morte de perfilhos, que foram esporádicas. Ainda nesse contexto, para que ocorra a morte de um perfilho reprodutivo, esse deve ter completado seu ciclo, o que se pode dizer que, com o inicio do florescimento aos 35 dias, 70 dias não foi um período suficiente para ocorrerem mortes de perfilhos reprodutivos. Ao observar o percentual de radiação interceptada até os 70 dias, em todas as doses de N testadas (Figura 16), esse índice não passou de 60 %. E, como comentado por NABINGER & PONTES, em 2001, a mortalidade de perfilhos sombreados se eleva quando a interceptação atinge cerca de 90 %.

4.6.3 Densidade populacional de perfilhos reprodutivos

Esta avaliação foi dividida em três partes, a primeira, obtida de todos os perfilhos reprodutivos existentes, a segunda, apenas dos perfilhos reprodutivos basais, ou seja, aqueles originados de perfilhos basais, e a terceira, que constam apenas os perfilhos reprodutivos laterais.

- População total de perfilhos reprodutivos

Estes dados não obtiveram normalidade e nem homogeneidade, mesmo com os dados transformados. Na análise de variância, a interação entre os fatores não teve efeito significativo, porém, cada um dos fatores apresentou efeito altamente significativo ($p<0,0001$). Na Figura 32 observa-se efeito raiz quadrático tanto para o N como para a idade da planta.



$$\hat{Y} = -13,0818 - 0,04869^{***}N + 0,5707^{***}\sqrt{N} - 2,6025*I + 18,4840^{***}\sqrt{I}$$

$R^2=0,931 \quad (p<0,0001)$

Figura 32 - Densidade total de perfilhos reprodutivos de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1 até 70 dias de idade da planta, sob doses de adubação nitrogenada (kg/ha).

O número de perfilhos reprodutivos por vaso é menor na ausência de adubação nitrogenada e na dose de 300 kg de N/ha. Essa figura, entretanto, não mostra o percentual de perfilhos reprodutivos, que pode ser melhor observado na Figura 33. A partir desta Figura 33, pode-se visualizar que na ausência de adubação nitrogenada ocorreu o maior florescimento, devido ao baixo número de perfilhos vegetativos (Figura 28). O maior percentual de perfilhos reprodutivos na ausência de adubação nitrogenada pode ter reduzido mais a emissão de novos perfilhos. Esse florescimento acentuado e precoce, em comparação a dose de 300 kg de N/ha, estaciona o desenvolvimento da planta, que passa a reduzir a emissão de novos perfilhos, podendo explicar o comportamento observado no perfilhamento quando da ausência de adubação nitrogenada (Figura 28). A redução da emissão de novos perfilhos poderia comprometer a persistência do Coastcross quando na ausência de adubação nitrogenada, observada por ALVIM et al. (1999).

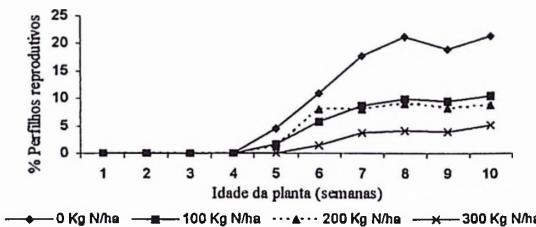


Figura 33 – Percentual de perfilhos reprodutivos de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1 sob doses de adubação nitrogenada (kg/ha), em função da idade da planta até 70 dias.

Pode-se dizer que o N, além de reduzir o florescimento (Figura 33), também o retarda, visto que o florescimento, sob a maior dose de N aplicada, teve seu início atrasado em uma semana, iniciando apenas aos 42 dias de idade da planta, se comparado às outras doses, as quais iniciaram o florescimento aos 35 dias (Figura 34).

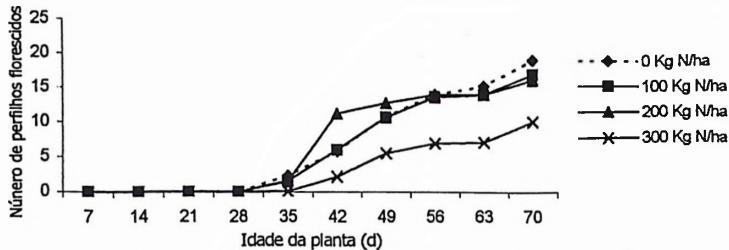
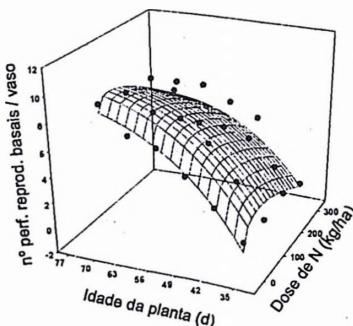


Figura 34 – Densidade total de perfilhos reprodutivos de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1 sob doses de adubação nitrogenada (kg/ha), em função da idade da planta até 70 dias.

Observando a Figura 34, visualia-se que número de perfilhos florescidos para a dose de 200 kg de N/ha foi concentrado aos 42 dias, enquanto para as outras doses, foi diluído dos 35 aos 70 dias de crescimento. Na literatura, não se encontra uma explicação que possa ter levado o capim-Coastcross a responder desta forma. Uma hipótese é a de que a floração, que está sob controle hormonal, possa ter uma relação com o teor de N ‘ótimo’ para indução do florescimento.

- População basal de perfilhos reprodutivos

Na análise de variância, o nitrogênio ($p<0,01$) e a idade da planta ($p<0,0001$) apresentaram efeitos altamente significativos, e a interação entre estes fatores, apenas significativa ($p<0,05$). O modelo raiz quadrático completo foi o que melhor se ajustou aos dados (Figura 35), mostrando o mesmo padrão de comportamento do total de perfilhos reprodutivos.



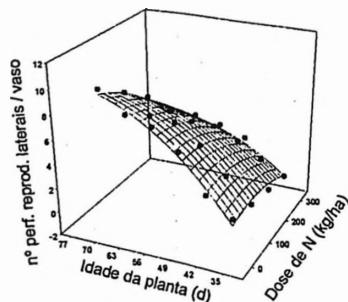
$$\hat{Y} = -10,4796 - 0,02926***N + 0,6013***\sqrt{N} - 1,7190*I + 12,0094***\sqrt{I} - 0,09811^\circ\sqrt{N}\sqrt{I}$$

$$R^2=0,914 \quad (p<0,0001)$$

Figura 35 – Densidade basal de perfilhos reprodutivos de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1 até 70 dias, sob doses de adubação nitrogenada (kg/ha).

- População lateral de perfilhos reprodutivos

Na análise de variância, o nitrogênio ($p<0,001$) e a idade da planta ($p<0,0001$) apresentaram efeitos altamente significativos, e a interação entre estes fatores foi significativa ($p<0,05$). O modelo quadrático completo foi o que melhor ajustou-se aos dados (Figura 36).



$$\hat{Y} = -1,7937 + 0,01017^{\circ}N - 0,00003542^{\circ}N^2 - 3,0476^{***}I - 0,1951^{**}I^2 - 0,003151^{***}NI$$
$$R^2=0,977 \quad (p<0,0001)$$

Figura 36 - Densidade lateral de perfilhos reprodutivos de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1 até 70 dias, sob doses de adubação nitrogenada (kg/ha).

O N teve pouco ou nenhum efeito sobre o florescimento de perfilhos latariais, até 63 dias, quando as doses de 200 e 300 kg de N/ha passam a não mais emitir novos perfilhos reprodutivos.

A emissão de perfilhos reprodutivos, tanto basais quanto latariais, segue um padrão, altamente relacionado com a idade, de forma que à medida que o perfilho envelhece, tende a se tornar um perfilho reprodutivo, apesar desse comportamento ser modificado pelo estado nutricional da planta. Na Figura 33, observamos, em termos percentuais, que o florescimento na ausência de adubação nitrogenada foi elevado, também relacionado a fisiologia intrínseca ao vegetal em perpetuar a espécie e sobreviver, mesmo sendo um híbrido.

4.6.4 Demografia do perfilhamento reprodutivo

Para a taxa de natalidade, por mais que tenha sofrido efeitos altamente significativos do N, da idade da planta e da interação N vs. idade da planta, não foi possível encontrar um modelo de regressão, dentro dos pesquisados, que apresentasse um coeficiente de determinação (R^2) capaz de explicar a maioria da variabilidade experimental mostrada pelos dados obtidos neste estudo.

Não houve mortalidade de perfilhos reprodutivos em qualquer dose de nitrogênio testada até 70 dias.

5. CONCLUSÕES

- Esta pesquisa mostra que mesmo nas condições ambientais restritivas impostas pela época do ano e a experimentação em casa de vegetação, o capim-Coastcross pode responder a aplicações de nitrogênio de até 300 kg/ha. Dentro dessa faixa de aplicação, o nitrogênio influencia diferencialmente componentes chaves da produtividade e qualidade forrageira desta espécie:

- Aumenta a produção de matéria seca total, tendo maior efeito no acúmulo de matéria seca de colmos.

- Atua sobre a demografia do perfilhamento, aumentando a população de perfilhos viáveis, um dos principais determinantes da produção de matéria seca da parte aérea desta forrageira;

- Através da sua influência sobre a população de perfilhos laterais, gera modificações na composição bromatológica: a) reduz ou inverte o efeito provocado pelo aumento da idade da planta, tanto nas folhas verdes como nos colmos; b) anula ou inverte o efeito da aplicação de nitrogênio, principalmente nos teores de ligninas nos colmos; c) conduz a interações significativas inesperadas, como nos teores de proteína bruta das folhas verdes e dos colmos, e nos teores de ligninas dos colmos.

- Através do seu efeito sobre o florescimento, contribui para importantes mudanças nos padrões de crescimento, assim como na composição bromatológica, através de seu efeito sobre a demografia do perfilhamento e alterando os teores de fibra em detergente ácido nos colmos e os teores de ligninas em colmos e folhas verdes.

Finalmente, cabe ressaltar, do ponto de vista metodológico, a importante contribuição que os modelos de regressão múltipla, como os desenvolvidos no presente trabalho, podem dar ao entendimento das complexas interrelações entre fenologia, morfogênese e disponibilidade de nitrogênio, um aspecto central no manejo agronômico das pastagens.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maioria dos modelos para recomendação e avaliação da sustentabilidade de pastagens, segundo CANTARUTTI et al. (2002), fundamenta-se no balanço nutricional do sistema solo-planta-animal, um tanto complexo. Geralmente o balanço é negativo, devendo as doses de fertilizantes ser estabelecida visando manter a disponibilidade de nutrientes necessários para o sistema de produção a ser adotado, e a perenidade (CONRN FORTH & SIMCLAIR, 1982, CAMPKIN, 1985, OYANARTE et al., 1995).

Segundo JOHNSON & PARSONS (1985) o modelo ideal é aquele baseado no índice de área foliar do dossel para o consumo de bovinos, apesar de diversos autores citados por CANTARUTTI et al. (2002) atribuirem dificuldades de confiabilidade de massa disponível, diferenças entre estrutura do relvado e alta variabilidade do valor nutritivo na partição da planta.

Entretanto, os coeficientes de relação, a área foliar, a radiação e a qualidade das forrageiras são indispensáveis para formação de um bom modelo, favorecido com dados extraídos de superfícies de respostas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, A. P. A. Pastagens para bovinos de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO DE LEITE NO BRASIL E CURSO DE FORMAÇÃO E MANEJO DE PASTAGENS, 1, Viçosa, 1998. Anais... Viçosa: UFV, 1998. 55p.
- AKIN, D. E., ROBINSON, E. L., BARTON II, F. E. et al. Changes with maturity in anatomy, histochemistry, chemistry, and tissue digestibility of bermudagrass plant parts. *Journal Agricultural Food Chemistry*, v. 68, p. 179-186, 1977.
- ALMEIDA, C. R., MONTEIRO, F. A. Respostas de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1 a níveis de nitrogênio em solução nutritiva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, 1995, Viçosa. Resumos... Viçosa : UFV, 1995. p.743-744.
- ALVAREZ V., V. H. Avaliação da Fertilidade do Solo (Superfícies de resposta – modelos aproximativos para expressar a relação fator resposta). Viçosa:UFV, 3^a Reimpressão, 75p., 1994.
- ALVIM, M. J., RESENDE, H., BOTREL, M. A. Efeito da freqüência de cortes e do nível de nitrogênio sobre a produção e qualidade da matéria seca do 'coast-cross' In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO *CYNODON*, 1, 1996, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: Embrapa - CNPGL, 1996, 181p.
- ALVIM, M. J., XAVIER, D. F., BOTREL, M. A., et al. Resposta do coast-cross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) a diferentes doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.27, n.25, p.967-975, 1998.
- ALVIM, M. J., XAVIER, D. F., BOTREL, M. A., MARTINS, C. E. Resposta do Coastcross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) a diferentes doses de nitrogênio e freqüências de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 1997.
- ALVIM, M. J., XAVIER, D. F., VERNEQUE, R. S., BOTREL, M. A. Resposta do Tifton-85 a doses de nitrogênio e intervalos de corte. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.34, n. 12, p.2345-2352, 1999.
- ANDRADE, A. C., FONSECA, D. M., LOPES, R. S., NASCIMENTO JÚNIOR, D., GOMIDE, J. A., CECON, P. R., QUEIROZ, D. S., PEREIRA, D. H., CARDOSO, R. C. Análise de crescimento do capim-elefante adubado e irrigado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, Recife, 2002. Anais... Recife : SBZ, 2002, CD-ROM.
- AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST. Official methods of analysis. Washington, DC, 1984.
- ARAÚJO, A. P. Análise de crescimento: usos e abusos. (Trabalho apresentado a disciplina de fertilidade de solo e nutrição de plantas) Curso de pós-graduação em Ciência do Solo da UFRRJ. 10p. 1990.
- ATKINSON, D. Root characteristics: Why and what to measure. In: SMIT, A.L.; BENGough, A.G.; ENGELS, C.; VAN NOORDWIJK, M.; PELLERIN, S.; VAN DE GEIJN, S.C. (Eds) *Root methods: a handbook*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, p.305-341. 2000.

AVICE, J.C., OURRY, A., LEMAIRE, G., BOUCAUD, J. Nitrogen ad carbon flows estimated by ^{15}N and ^{13}C pulse-chase labeling during regrowth of alfalfa. *Plant Physiology*, v.112, n.1, p.281-290, 1996.

BARDGETT, R. D., WARDLE, D. A., YEATES, G. W. Linking above-ground and below-ground interactions: how plant responses to foliar herbivory influence soil organisms. *Soil Biology and Biochemistry*. v.30, p.1867-1878, 1998.

BEADLE, C. L. Growth analysis. In: HALL, D. O., BOLHAR-NORDENKAMPF, H. R., LEGGOOD, R. C., LONG, S. P. (Eds.) *Photosynthesis and production in a changing environment: a field and laboratory manual*. London. 1993, p. 36-46.

BENINCASA, M. M. P. *Análise de crescimento de plantas - noções básicas*. Jaboticabal : UNESP, 1988. 41p.

BERRETA, E. J., RISSO, D. F., MONTOSI, F., PIGURINA, G. Problems of animal production related to pastures in South America: Uruguay. In: GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY INTERNATIONAL, 1999, Curitiba. Proceedings... Curitiba: UFPR, 1999. p.438-442.

BODDEY, R. M., DOBEREINER, J. Nitrogen fixation associated with grasses and cereals: recent progress and perspectives for the future. *Fertilizer Research*. v. 42, n.1, p.241-252, 1995.

BODDEY, R. M., RAO, I. M., THOMAS R. J. Nutrient cycling and environmental impact of brachiaria pastures. In: MILES, J. M., MASSAS, B. L., VALLE, C. B. (Eds) *Brachiaria: The Biology, Agronomy and Improvement*. Publication 259, CIAT, Cali, Colômbia. 1996. p.72-86.

BODDEY, R.M.; RESENDE, C.P.; SCKUNKE, R.M.; ALVES, B.J.; CADISH.G.; PEREIRA, J.M. Sustentabilidade de pastagens consorciadas e de gramínea em monocultura: o papel chave das transformações de nitrogênio. In: Simposio sobre O Meio Ambiente, Os Recursos Naturais e a Produção Animal. S. Aranovich; J.T. SEIXAS FILHO; J.E. THOMAS; R.R.S. OLIVEIRA (Ed.). Sociedade Brasileira de Zootecnia, 30a Reunião Anual. Rio de Janeiro, R.J., 1993. p. 141-173.

BOGDAN, A. V. *Tropical pastures and fodder plants*. London: Longman, 1977. 475p.

BOHM, W. *Methods of studying root systems*. New York, Springer-Verlag, 1979. 194p.

BRÂNCIO, P. A., NASCIMENTO JÚNIOR, D., MORAES, E. A., REGAZZI, A. J., LEITE, G. C. Avaliação de pastagem nativa dos cerrados submetida à queima anual. 2- Qualidade da dieta de bovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.26, n.3, p.438-442, 1997.

BROUGHAM, R.M. Interception of light by the foliage of purê and mixed stands of pasture plants. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.9, n.1, p.39-52, 1957.

BROUGHAM, R.W. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.7, n.2, p.377-387, 1956.

BRUNET, E., AVILA, A., RIOS, C., ALMAGUER, J. Respuesta de cuatro gramíneas a la fertilización con nitrógeno bajo condiciones de regadío. *Ciencia y Técnica en la Agricultura, Suelos y Agroquímica*. v.13, n.1, p.16-24, 1990.

BURTON, G.W., GATES, R.N., HILL, G.M. Registration of Tifton-85 bermudagrass. *Crop Science*, v.33, p.644-645, 1993.

CALBO, A.G., SILVA, W.L.C., TORRES, A.C. Ajuste de funções não-lineares de crescimento. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*. v.1, n.1, p.9-18, 1989b.

CALBO, A.G., SILVA, W.L.C., TORRES, A.C. Comparação de modelos e estratégias para análise de crescimento. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*. v.1, n.1, p.1-7, 1989a.

CAMARGO FILHO, S. T. Recuperação de área degradadas no Município de Paty do Alferes pela introdução de gramíneas forrageiras e leguminosas arbóreas. Seropédica, UFRRJ, 1999, 107p. (Dissertação)

CAMPKIN, R. Model for calculating potassium requirements for grazed pastures. *N. Z. J. Exp. Agric.*, v.13, p.27-37, 1985.

CAMPOS, M. A. A., UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v.37, n.3, p.281-288, 2002.

CANTARUTTI, R. B., FONSECA, D. M., SANTOS, H. Q., ANDRADE, C. M. S. Adubação de pastagens - uma análise crítica. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 1, Viçosa, 2002. Anais ... Viçosa : UFV, 2002, p. 43-84.

CARVALHO, C. A. B. Padrões demográficos de perfilhamento e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. manejadas em quatro intensidades de pastejo. Piracicaba, ESALQ, 2000, 96p. (Dissertação)

CARVALHO, C.A.B.; Da SILVA, S.C.; SBRRISSIA, A.F.; FAGUNDES, J.L.; CARNEVALLI, R.A.; PINTO, L.F.M.; PEDREIRA, G.P. Carboidratos não estruturais e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. sob lotação contínua. *Scientia Agricola*, v.58, n.4, p.667-674, 2001.

CARVALHO, S. I. C., VILELA, L., KARIA, C. T., SPAIN, J. M. *Estratégia de recuperação de pastagem degradada de B. decumbens*. Brasília: EMBRAPA, 1990. 29p.

CARVENALLI, R. A. & Da SILVA, S. C. Validação de técnicas experimentais para avaliação de características agronômicas e ecológicas de pastagens de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1. *Scientia Agricola*, v.56, n.2, p.489-499, 1999.

CASTRO, F.G. Efeito de idade de corte sobre a produção, composição químico-bromatológica, digestibilidade *in vitro* da matéria seca da matéria orgânica e conteúdo de ácido cianídrico de *Cynodon nlemfuensis* var. *nlemfuensis* cv. Florico. Dissertação. 128p. Piracicaba. ESALQ – USP, 1997.

CAVALCANTE, M. A. B. *Compilação dos artigos: ecofisiologia de pastagens: aspectos da dinâmica das populações de plantas forrageiras em relvados pastejados (LEMAIRE, 2001) e a fisiologia do crescimento de gramíneas sob pastejo: fluxo de tecidos (LEMAIRE, 1997)*. Seminário apresentado na disciplina de forragicultura do programa de pós-graduação em zootecnia, UFV, 2001, 50 p. (www.forragicultura.com.br)

CECATO, U., GOMAS, L. H., ASSIS, M. A., SANTOS, G. T., BETT, V. Avaliação de cultivares do gênero *Cynodon*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza, CE. Anais ... Fortaleza : SBZ, v.2, p.114-115, 1996.

CHAPMAN, D. F., CLARK, D. A., LAND, C. A., DYMOCK, N. Leaf and tiller or stolon death in *Lolium perenne*, *agrostis* spp. and *Trifolium repens* in set stocked and rotationally grazed hill pastures. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, v.27, p.303-312, 1984.

CHAPMAN, D. F., LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth: regrowth after defoliation. In: BACKER M.J (Ed.) *Glasslands for our world*. Wellington: SIR Publishing, 1993, p.55-64.

CHRIQUI, D., GUIVARC'H, A., DEWITTE, W., PRINSEN, E., ONKELEN, H. V. Rol genes and root initiation and development. *Plant and Soil*, v.187, p.47-45, 1996.

COOPER, J.P.; TAINTON, N.M. Light and temperature requirements for the growth of tropical and temperate grasses. *Herbage Abstracts*, v.38, n.3, p.167-176, 1968.

CORNFORTH, I.S., SINCLAIR, A.G. Model of calculating maintenance phosphate requirements for grazed pastures. *N. Z. J. Exp. Agric.*, v.10, p.53-61, 1982.

CORSI, M. *Produção e qualidade de forrageiras tropicais*. Piracicaba, p.69-85, 1990.

CORVILL, K. E., MARSHALL, C. Tiller dynamics and assimilate partitioning in *Lolium perenne* with particular reference to flowering. *Annals of Applied Biology*, v.104, p.543-557, 1984.

DA SILVA, C. S. Manejo de plantas forrageiras dos gêneros *Brachiaria*, *Cynodon* e *setaria*. In: SANTOS, F. P., NUSSIO, L. G., SILA, C. S. (Eds.) *Volumosos para Bovinos*. Piracicaba : FEALQ, p.42-48, 1993.

DA SILVA, S.C; PASSANEZI, M.M.; CARNEVALLI, R.A.; PEDREIRA,C.G.S.; FAGULDES, J.L.B. Bases para o Estabelecimento do Manejo de *Cynodon* spl para Pastejo e Conservação. In: Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 15, Piracicaba, 1998. Anais... Piracicaba : FEALQ, 1998, p. 129-150.

DAVIES, A. Tissue turnover in the sward. In: Sward measurement handbook, 2^a ed., The British Grassland Society, p.183-215, 1993.

DAVIES, A., THOMAS, H. Rates of leaf and tiller production in young spaced perennial ryegrass plants in relation to soil temperature and solar radiation. *Anais of Botany*, v.51, p.591-597, 1983.

DE-POLLI, H. et al. Manual de adubação para o estado do Rio de Janeiro. Itaguaí: Ed. Seropédica, 1988. 179p.

DEREGBIBUS, V. A., SANSHEZ, R. A., CASAL, J. J., TELICA, M. J. Tiller responses to enrichment of red light beneath the canopy in humid natural glassland. *Journal of Applied Ecology*, v.22, p.199-206, 1985.

DOORMAR, J. F., FOSTER, R. C. Nascent aggregates in the rhizosphere of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Canadian Journal Soil Science*, v.71, p.465-474, 1971.

EIRA, P. A., et al. Manual de adubação para o estado do Rio de Janeiro. Itaguaí: Ed. Seropédica, 1988. 179p.

EMBRAPA - CNPS. *Manual de Métodos de Análise Química do Solo*. 2^o ed., 1997. 212p.

ESTRADA, A. D. Influência do intervalo de corte sobre a produção de matéria seca e teor de nitrogênio de gramineas do gênero *Cynodon*: Tifton-85 (*Cynodon* spp.), Coast-cross nº1 (*Cynodon dactylon* (L.) Pers. cv. Coast-cross nº1) e Estrela Porto Rico

(*Cynodon nemfuensis* (L.) Pres. cv. Porto Rico) e do gênero *Digitaria*: Transvala (*Digitaria decumbens* Stent. cv. Transvala), Survenola (*Digitaria X umfolosi* Hall) e Suázi (*Digitaria swazilandensis* Stent.). Seropédica, UFRRJ, 2000, 52p. (Dissertação)

EUCLIDES, V. P. B. Valor alimentício de espécies forrageiras do gênero *Panicum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12, Piracicaba, 1995. *Anais...* Piracicaba : FEALQ, p.245-273, 1995.

EVANS, C. G. *The quantitative analysis of plant growth*. Oxford : Blackwel, 1972, 734p.

FAGERIA, N. K., BALIGAR, V. C., JONES, C. A. *Growth and mineral nutrition of field crops*. Marcel Dekker Inc. New York. 476 p. 1991.

FAGUNDES, J.A. Efeitos de intensidades de pastejo sobre o índice de área foliar, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp.. Piracicaba, 1999, 69p. Dissertação. Escola Superior 'Luiz de Queiroz', USP.

FAGUNDES, J.A., Da SILVA, S.C., PEDREIRA, C.G.S., CARNEVALLI, R.A., CARVALHO, C.A.B., SBRRISSIA, A.F., PINTO, L.F.M. Índice de área foliar, coeficiente de extinção luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. sob lotação contínua. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.36, n.1, p.187-195, 2001.

FAGUNDES, J.A., Da SILVA, S.C., PEDREIRA, C.G.S., SBRRISSIA, A.F., CARNEVALLI, R.A., CARVALHO, C.A.B., PINTO, L.F.M. Índice de área foliar, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. sob diferentes intensidades de pastejo. *Scientia Agricola*, v.56, n.4, p.1141-1150, 1999.

FAO. <http://www.fao.org> (12 de novembro de 2000).

FERNANDES, M. S., ROSSIELLO, R. O. P. Mineral nitrogen in plant physiology and plant nutrition. *Critical Reviews in Plant Sciences*, v.14, p.111-148, 1995.

FERNANDES, M.S.; ROSSIELLO, R.O.P. Aspectos do metabolismo e utilização do nitrogênio em gramíneas tropicais. In: MATTOS, H.B.; WERNER, J.C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. (Eds.). Calagem e adubação de pastagens. Piracicaba, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, P. 93-123, 1986.

FERNANDEZ, D., PARETAS, J. J., SOCA, M., GOMES, I. Efecto de diferentes niveles de N en la producción de cinco gramíneas tropicales en suelo pardo tropical. *Pastos y Forrajes*, v.9, n.2, p.27-42, 1986.

FERNÁNDEZ, S., VIDAL, D., SIMÓN, E., SOLÉ-SEGRAÑES, L. Radiometric characteristics of *Triticum aestivum* cv. Astral under water and nitrogen stress. *International Journal of Remote Sensing*, v.15, n.9, p.1867-1884, 1994.

FERRARI JÚNIOR, E. Avaliação dos capins *Brachiaria ruziziensis* Germain & Everard e *Cynodon dactylon* (L.) Pers. cv. Coast-cross nº1, para produção de feno em diferentes idades e níveis de adubação de reposição. Jaboticabal, UNESP, 1991, 110p. (Dissertação)

FISHER, N. M., DUNHAM, R. J. Root morphology and nutrient uptake. In: GOLDSWORTHY, P.R., FISHER, N.M. (Eds.) *The physiology of tropical fields crops*. John Wiley & sons, New York. p.85-117. 1984.

FITTER, A. H. Characteristics and functions of root systems. In: EAISEL, Y.; ESHEL, A., (Eds) *Plant roots: the hidden half*. New York, Marcel dekker, p. 3-25, 1991.

FITTER, A. H., SELF, G. K., WOLFENDEN, J. VAN VUUREN, M. M. I.; BROWN, T. K., WILLIAMSON, L.; GRAVES, J. D.; ROBINSON, D. Root production and mortality under elevated atmospheric carbon dioxide. *Plant and Soil*, v.187, p.299-306, 1996.

FONSECA, E. L., ROSA, L. M. G., FONTANA, D. C. Caracterização espectral de *Paspalum notatum* em diferentes níveis de adubação nitrogenada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n.3, p.365-371, 2002.

FONTANELI, R. S., JACQUES, A. V. A. Melhoramento de pastagem natural: ceifa, queima, diferimento e adubação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.17, n.12, p.180-194, 1988.

FOY, C. D. Tailoring plants to fit problem soils-progress and problems for future research. In: Plant-soil interactions at low pH: sustainable agriculture and forestry production. (Eds) MONIZ, A. C., FURLANI, A. M. C., SCHAFFERT, R. E., FAGERIA, N. K., ROSOLEM, C. A., CANTARELLA, H. Brazilian Soil Science Society. p. 55-58, 1997.

FRANÇA, M. G. C., ROSSIELLO, R. O. P., ZONTA, E., ARAUJO, A. P., RAMOS, F. T. Desenvolvimento radicular e influxo de nitrogênio em duas cultivares de arroz. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.34, n.10, p.1845-1853, 1999.

GARCEZ NETO, A. F. 2001. Respostas morfogênicas e produção de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. Viçosa, MG: UFV, 2001. 70p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.

GAUTIER, H., VARLET-GRANCHER, C., HAZARD, L. Tillering responses to the light environment and to the defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) selected for contrasting leaf length. *Annals of Botany*, v.83, p.423-429, 1999.

GOMES, L. H., CECATO, U., ÍTAVO, L. C. V., MEDRONI, S. Avaliação de cultivares do gênero *Cynodon* sob dois níveis de adubação nitrogenada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, Juiz de Fora, 1997. Anais... Juiz de Fora : SBZ, v.2, p.33-35, 1997.

GOMES, L. H., CECATO, U., SANTOS, G. T., et al. Respostas de gramíneas *Cynodon* a adubação nitrogenada na região do Paraná (1). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, Porto Alegre, 1999. Anais ... Porto Alegre, SBZ, 1999. (CD ROM).

GOMIDE, C. C. C. Algumas características fisiológicas e químicas de cinco cultivares de *Cynodon*. Piracicaba, ESALQ-USP, 1996, 77p. (Dissertação)

GOMIDE, C.A.M. Morfogênese e análise de crescimento de cultivares de *Panicum maximum* (Jacq.). Viçosa: UFV, 1997. 53 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.

GOMIDE, C.A.M., PACIULLO, D.S.C., GRASSELLI, L.C.P., GOMIDE, J.A. Efeito da adubação sobre a morfogênese de gramíneas tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1998, Botucatu. Anais... Botucatu: SBZ, 1998. p. 486-488.

GOMIDE, J. A. Adubação de pastagens estabelecidas. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 7, Piracicaba, 1985. Anais... Piracicaba: FEALQ, 270p., 1985.

GOMIDE, J. A., QUEIROZ, D. S. Valor alimenticio das brachiárias. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 16, Piracicaba, 1994. Anais... Piracicaba: FEALQ, p.223-248, 1994.

GOMIDE, J.A. Fisiologia do crescimento livre de plantas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 1, Piracicaba, 1973. Anais... Piracicaba : FEALQ, 1973, p.83-93.

GOMIDE, J.A.; OBEID, J.A.; RODRIGUES, L.R.A. Fatores morfofisiológicos de rebrota do capim-colonião (*Panicum maximum*). Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, v.8, 532-562, 1979.

GRANT S.A.; BARTHRAM G.T.; TORVELL L.; KING J. e SMITH H.K. Ward management, lamina turnover and tiller population density in continuously stocked *Lolium perenne* L. Dominated sward. *Grass and Forage Science*, v.38, p.333- 344, 1983.

HALL, D. O., RAO, K. K. *Photosynthesis*. Cambridge: Cambridge University Press, 1994, 211p.

HARRIS, W. Defoliation as determinant of growth, persistence and composition of pasture. In: WILSON, J.R. (Ed.) Commonwereth Scientific Industrial Research Organization. Melbourne, Austrália, 1978.

HATLEY, P. R., CHAPMAN, H., MONSON, W. G., MARCHANT, W. H., McCARMIC, W. C. Coastcross bermudagrass, Coastal bermudagrass and Pensacola bahiagrass as summer pasture for steers. *Journal of Animal Science*, v.38, n.3, p.490-495, 1974.

HERINGER, I. & JACQUES, A. V. Á. Qualidade da forragem de pastagem nativa sob distintas alternativas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n.3, p.399-406, 2002.

HERNANDEZ GARAY, A., MATTHEW, C., HODGSON, J. Effect of spring management on perennial ryegrass-white clover pastures. 2- Tiller and growing point densities and population dynamics. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, v.40, p.37-50, 1997.

HERRERA, R. S., RAMOS, N., BERNANDEZ, Y. Respuesta de la bermuda cruzada a la fertilizacion nitrogenada y edad de rebrote. V. Rendimientos de materia seca, hojas, proteína bruta y eficiencia de utilizacion del nitrogeno. *Revista Cubana de Ciencia Agricola*, v.20, n.2, p.193-201, 1986.

HILL, G. M., GATES, R. N., WEST, J. W., BURTON, G. W. Tifton-85 bermudagrass utilization in beef, dairy, and hay production. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAJEIRO DO GÊNERO CYNODON, 1, Juiz de Fora, 1996. Anais... Embrapa : CNPGL, p.140-150, 1996.

HILL, M. G., GATES, R. N., WEST, J. W., MANDEBVU, P. Pesquisa com capim bermuda cv. 'Tifton-85' em ensaios de pastejo e de digestibilidade de feno com bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 15, Piracicaba, 1998. Anais... Piracicaba, FEALQ, p.7-22, 1998.

HODGSON, J. *Grazing management: science into practice*. New York: Longman Scientific and Technical, 1990. 203p.

HUMPHREYS, L. R. Subtropical grass growth: II Effects of variation in leaf area index in the field. *Queensland Journal of Agricultural and Animal Science*, v.23, p.358-388, 1966.

HUMPHREYS, L.R. *Tropical pastures utilization*. Cambridge : Cambridge University Press, 1991, 206p.

HUNT, R. Plant growth analysis. *Studies in Biology*, London, v.96, p.76, 1978.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário. Recenseamento geral do Brasil. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1998.

JACKSON, R. B.; MOORE, L. A.; HOFFMANN, W. A.; POCKMAN, W. T., LINDER, C. R. Ecosystem rooting depth determined with caves and DNA. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. v. 96, p. 11387-11392, 1999.

JARVIS, S. C., SCHOLEFIELD, D., PAIN, B. Nitrogen cycling in grazing systems. In: *NITROGEN FERTILIZATION IN THE ENVIRONMENT*, Bacon, P. E. (Ed.), Marcel Dekker, Inc., 1995, New York, p.381-415.

JARVIS, S. J. Soil-plant-animal interactions and impact on nitrogen and phosphorus cycling and re-cycling in grazed pastures. In: *INTERNATIONAL SYMPOSIUM: GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY*, 1, Curitiba, 1999. Anais... Curitiba: UFPR, p.215- 234, 1999.

JENSEN, A., LORENZEN, B., OSTERGAARD, H. S., HVELPLUND, E. K. Radiometris estimation of biomass and nitrogen content of barley grown at different nitrogen levels. *International Journal of Remote Sensing*, v.11, n.10, p.1809-1820, 1990.

JEWISS, O.R. Tillering in grasses – its significance and control. *Journal of the British Grassland Society*, v.27, p.65-82, 1972.

JOHNSON, I.R., PARSONS, A.J. A theoretical analysis of grass growth under grazing. *J. Theor. Biol.*, v.112, p.345-367, 1985.

JORGE, L. A. C., CRESTANA, S. Sistema integrado para análise de raízes e cobertura do solo – SIARCS 3.0: novo aplicativo para análise de imagens aplicado à ciência do solo. In: *CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO*, 13, Águas de Lindóia, 1996. Solo suelo... Campinas : SBCS, 1996, 5p. CD-ROM.

KAYS, S., HARPE, J. L. The regulation of plant and tiller density in a grass sward. *Journal of Ecology*, v.62, p. 97-105, 1974.

KORTE, C. J. Tillering in 'Grassland Nui' perennial ryegrass swards. 2. Seasonal pattern of tillering and age of flowering tillers with two mowing frequencies. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, v.29, p.629-638, 1986.

KORTE, C. J., WATKIN, B. R., HARRIS, W. Effects of the timing and intensity of spring grazing on reproductive development, tillering, and herbage production of perennial ryegrass dominant pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, v.27, p.135-149, 1984.

KRAMER, P. J. & BOYER, J. S. *Water relations of plants and soils*. Orlando: Academic Press, 1995.

L'HUILLIER, P. J. Tiller appearance and death of *Lolium perenne* in mixed swards grazed by dairy cattle at two stocking rates. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, v.30, p.15-22, 1987.

LANÇANOVA, J. A. C., OLIVEIRA, M. D. S., PACOLA, L. J., VILELA, L. M. R., SAMPAIO, A. A. M., FIGUEIREDO L. A., MALHEIROS, E. B. Digestibilidade de nutrientes de uma ração completa, em bovinos de diferentes grupos genéticos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, n.3, p.421-426, 2002 (Nota Científica).

LANGER, R. H. M. Growth and nutrition of Timothy. *Annals of Applied Biology*, v.44, p.166-187, 1956.

LANGER, R. H. M. Tillering in herbage grass. A review. *Herbage Abstracts*, v.33, p.141-148, 1963.

LANGER, R. H. M. Tillering. In: LANGER, R. H. M. (Ed.). *How grasses grow*. London: Edward Arnold, p.19-25, 1979.

LAUDE, H. M. External factors affecting tiller development. In: YONNGNER, V.B.; McKELL, C.M (Ed.). *The biology and utilisation of grasses*. New York: Academic Press, Cap. 11, p.147-154, 1972.

LAW, B. E., WARING, R. H. Remote sensing of leaf area index and radiation intercepted by under story vegetation. *Ecological Applications*, v.4, n.2, p.272-279, 1994.

LEMAIRE, G. & AGNUSDEI, M. Leaf turnover and efficiency of herbage utilisation. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL: GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY, 1, Curitiba, 1999. Anais... Curitiba : UFPR, p.165-183, 1999.

LEMAIRE, G., GASTAL, F., PLENET, D. Dynamics of N uptake and N distribution in plant canopies: use of crop N status index in crop modeling. In: LEMAIRE, G., BURNS, I. G. (Ed.) *Diagnostic procedures for crop N management*. Poitiers: Institut National de la Recherche Agronomique, 1995, p.15-29. (Les Colloques, 82).

LUCCHESI, A. A. Utilização prática da análise de crescimento vegetal. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 5, Piracicaba, 1984. Anais... Piracicaba : FEALQ, v.16, p.181-201, 1984.

LUGÃO, S. M. B., ABRAHÃO, J. J. S., MELLA, S. C. Produção e qualidade de cinco cultivares do gênero *Cynodon* na região noroeste do Paraná. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, Fortaleza, 1996. Anais... Fortaleza : SBZ, v.2, p.29-31, 1996.

LUPINACCI, A.V. Reservas orgânicas, índice de área foliar e produção de forragem em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sumetida a intensidades de pastejo por bovinos de corte. Dissertação. 160p. Piracicaba. ESALQ, USP, 2002.

MACEDO, M. C. M. Pastagens no ecossistema cerrados: Pesquisa para o desenvolvimento sustentável. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, Viçosa, 1995. Anais... Viçosa : UFV, p.28-62, 1995.

MACEDO, M. C. M., ZIMMER, A. H. Sistema pasto-lavoura e seus efeitos na produtividade agropecuária. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMA DE PASTAGEM, 2, Jaboticabal, 1993. Anais... Jaboticabal : FUNEP/UNESP, p.216-245, 1993.

- MACKAY, A. D., BARBER, S. A. Effect of nitrogen on root growth of two corn genotypes in the field. *Agronomy Journal*, v.78, p.699-703, 1986.
- MAGALHAES, A. C. N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI et al. (eds.). *Fisiologia Vegetal*. v.1. São Paulo: EPU, p.333-350, 1985.
- MALAVOLTA, E., HAAG, H. D., MELLO, F. A. F., BRASIL SOBRINHO, M. O. C. *Nutrição mineral e Adubação de Plantas Cultivadas*. São Paulo, Ed. Pioneira, 1974, 752p.
- MARASCHIN, G. E. *Avaliação de gramíneas e leguminosas tropicais consorciadas sob diferentes sistemas de manejo de pastagem*. Fundação Cargill. Campinas, SP. 1981.
- MARASCHIN, G. E. Manejo de plantas forrageira do gênero *Digitaria*, *Cynodon*, *Chloris*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 9, Piracicaba, 1988. Anais... Piracicaba, FEALQ, p.121-128, 1988.
- MARSHALL, C. Physiological aspects of pasture growth. In: SNAYDON, R.W. (Ed.) *Managed grasslands: analytical studies ecosystems of the world*. Amsterdam: Elsevier Science, 1987, p.29-46.
- MARTINEZ, R. O., RUIZ, R., HERRERA, R. Milk production of cows grazing Coastcross-1 bermudas grass (*Cynodon dactylon*). 1. Different concentrate supplementation levels. *Cuba Journal Agricultural Science*, v.14, n.2, p.225-232, 1980.
- MATTA, F. M. Mecanismos fisiológicos associados ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDO DE CASOS, 1, Aracajú, 1999. Anais... Aracaju : Embrapa - Tabuleiros Costeiros, p.13-17, 1999.
- MATTHEW, C., ASSUERO, S. G., BLACK, C. K., SACKVILLE HAMILTON, N. R. Tiller dynamics of grazed swards. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY, 1, Curitiba, 1999. Anais... Curitiba: UFPR, p.109-133, 1999.
- MATTHEW, C., LEMAIRE, G., SACKVILLE HAMILTON, N. R., GARAY, A. H. Modified self-thinning equation to describe size / density relationships for defoliated swards. *Annals of Botany*, v. 76, p.579-587, 1995.
- MATTHEWS, B. W., SOLLENBERGER, L. E., STAPLES, C. R. Dairy heifer and bermudagrass pasture responses to rotational and continuous stocking. *Journal of Dairy Science*, v.77, n.2, p.244-252, 1994.
- MAY, L.H. The utilization of carbohydrate reserves in pasture plants after defoliation. *Herbage Abstracts*, v.30, n.4, p.239-245, 1960.
- MCATEE, J. W., SCIFRES, C. J., DRAWE, D. L. Digestible energy and protein content of gulf cordgras following burning or shredding. *Journal of Range Management*, v.32, n.5, p.376-378, 1979.
- MEIRELLES, N. M. F. Degradação de pastagens – Critérios de avaliação. In: PAULINO, V. T. & FERREIRA, L. G. (Ed.) *Recuperação de Pastagens*. 2.ed. rev.. Instituto de Zootecnia de Nova Odessa, p.15-22, 1993.
- MELLO, S. Q. S., ALVES, J. B., BERGAMASCHINE, A. F., MATSUMOTO, E., FREITAS, R. V. L., ISEPON, O. J., BELLUZZO, C. E. C. Produção de matéria seca e composição bromatológica de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. em diferentes

idades de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, Recife, 2002. Anais... Recife : SBZ, 2002, CD-ROM.

MENEGATTI, D. P., ROCHA, G. P., FURTINI NETO, A. E., MUNIZ, J. A. Nitrogênio na produção de matéria seca, teor e rendimento de proteína bruta de três gramineas do gênero *Cynodon*. *Ciência Agrotécnica*, Lavras, v.26, n.3, p.633-642, 2002.

MENEGATTI, D. P., ROCHA, G. P., PAIVA , P. C. A ., MUNIZ, J. A., FURTINI NETO, A. E. Efeito de doses de nitrogênio sobre a produção de matéria seca e o valor nutritivo dos capins Coastcross, Tifton 68 e Tifton-85. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, Porto Alegre, 1999. Anais... Porto Alegre : SBZ, 1999, CD-ROM.

MICKENHAGEN, R. Elementos sobre pastagens das gramíneas Tifton 68 e Tifton-85. Araçatuba: [s.n.], 1994, 27p.

MIELNICZUCK, J. Importância do estudo de raízes no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDO DE CASOS, 1, Aracajú, 1999. Anais... Aracajú : Embrapa - Tabuleiros Costeiros, p.13-17, 1999.

MISLEVY, P. *Florico stargrass*. Gainesville: University of Florida, 1989a. 15p. (Circular s.361).

MISLEVY, P. *Florico stargrass*. Gainesville: University of Florida, 1989b. 13p. (Circular s.362).

MITCHELL, K. J. Influence of light and temperature on the growth of ryegrass (*Lolium* spp.). 1. Pattern of vegetative development. *Physiology Plantarum*, v.6, p.21-46, 1953a.

MITCHELL, K. J. Influence of light and temperature on the growth of ryegrass (*Lolium* spp.). 2. The control of lateral bud development. *Physiology Plantarum*, v.6, p.425-443, 1953b.

MITCHELL, R. B., LOWELL, E. M., KENETH, J. M., DAREN, D. R. Tiler demographics and area index of four perennial pasture grasses. *Agronomy Journal*, v.90, p. 47-53, 1998.

MITIDIERI, J. *Manual de gramíneas e leguminosas para pastos tropicais*. São Paulo : Nobel, 1983, 198p.

MONKS, P.L., LOPES, J.R.C. Produção de forragem de grama Bermuda (*Cynodon dactylon* (L.) Pers. Cv. Coastcross nº1). Resultados de primeiro ano. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 20, Pelotas, 1983. Anais... Pleotas : SBZ, 1983, p.366.

MONTEIRO, F. A. *Cynodon*: exigências minerais e adubação. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GENERO CYNODON, 1, Juiz de Fora, 1996. Anais... Juiz de Fora : EMBRAPA – CNPGL, p.23-44, 1996.

MORAES, A., LUSTOSA, S.B.C., STANGER, R.L., MIRA, R.T. Avaliação de seis cultivares do gênero *Cynodon*para o primeiro planalto paranaense. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, Botucatu, 1998. Anais... Botucatu : SBZ, 1998 (CD-ROM).

MURATA, Y. Physiological responses to nitrogen in plants. In: PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF CROP YIELD, 1, Madison, 1969. Proceedings, Madison : ASA, p.235-259, 1969.

NABINGER, C. & MEDEIROS, R. B. Produção de sementes de *Panicum maximum*, Jacq. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 12, Piracicaba, 1995. Anais... Piracicaba: FEALQ, p.59-128, 1995.

NABINGER, C. Princípios de manejo e produtividade de pastagens. In: CICLO DE PALESTRAS EM PRODUÇÃO E MANEJO DE BOVINOS DE CORTE, 3, Canoas, 1998. Anais, Canoas : ULBRA, 1998, p.54-107.

NABINGER, C., PONTES, L. da S. Morfogênese de plantas forrageiras e estrutura do pasto. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, Piracicaba, 2001. Anais... Piracicaba : SBZ, 2001. p.755-771.

NASCIMENTO JUNIOR, D., PINHEIRO, J.S. Desenvolvimento vegetativo do capim-jaraguá. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.4, p.147-157, 1975.

NELSON, C. J. & ZARROUGH, K. M. Tiller density and tiller weight as yield determinants of vegetative swards. In: PLANT PHYSIOLOGY AND HERBAGE PRODUCTION, BIANNUAL SYMPOSIUM, 1, Nottingham, 1981. Proceedings... Nottingham : British Grassland Society, p.25-29, 1981.

NORMAN, J. M. & ARKEBAUER, T. J. Predicting canopy light-use efficiency from leaf characteristics. In: HANKS, J., RITCHIE, J.T. (Eds.) *Modeling plant and soil systems*. Agronomy Monograph n.31. Madison : ASA, Inc.; CSSA, Inc.; SSSA, Inc. Publishers. 1999, p. 125- 143.

NORTON, B.W. Differences in plant species in forage quality. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF NUTRITIONAL LIMITS TO ANIMAL PRODUCTION FROM PASTURES, 1981, Santa Lucia. Proceeding... Farnham Royal : Commonwealth Agricultural Bureaux, p.89-110, 1982.

NOVOA, L. Efecto del manejo sobre el proceso de macollamiento del *Cynodon plectostachyus* (K. Shum.) Pilger, *C. nlenfuensis*, *Digitaria swazilandensis*. Stend. Maracay: Instituto de Producción Animal, Universidad Central de Venezuela, Sección de Forrajes, 1984. v.1. (Informe Anual)

OLIVARES, F. L. Taxonomia, Ecologia e mecanismos envolvidos na Infecção e colonização de Plantas de cana-de-açúcar (*Saeckmanum hibrido*) por bactérias endofíticas do gênero *Herbaspirillum*. Seropédica, UFRRJ, 1997. 380p. (Tese)

OLIVEIRA, M.A. Morfogênese, análise de crescimento e valor nutritivo do capim Tifton-85 (*Cynodon* spp.) entre diferentes idades de rebrota. Dissertação. 94p. Viçosa. UFV, 1999.

OLIVEIRA, O. C. Parâmetros químicos e biológicos relacionados com a degradação de pastagens de *Brachiaria* ssp. no cerrado brasileiro. Seropédica, UFRRJ, 2000, 230p. (Tese)

ONG, C. K., MARSHALL, C., SAGAR, G. R. The physiology of tiller death in grasses. 2. Causes of tiller death in grass sward. *Journal of the British Grassland Society*, v.17, p.205-211, 1978.

OYANARTE, M., BESGA, G., RODRÍGUEZ, M., DOMINGO, M., SINCLAIR, A.G. Balanced pasture fertilization in the Basque country: 1. phosphorus and potassium budgets on dairy farms. *Nutr. Cycl. Egroecosys.*, v.47, p.27-37, 1985.

PACIULLO, D.S.C. Características anatômicas relacionadas ao valor nutritivo de gramíneas forrageiras. *Ciência Rural*, v.12, n.2, p.357-364, 2002.

PACIULLO, D.S.C., GOMIDE, J.A., QUEIROZ, D.S., SILVA, E.A.M. Composição química e digestibilidade *in vitro* de lâminas foliares e colmos de gramíneas forrageiras, em função do nível de inserção no perfilho, da idade e da estação de crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.3, suplém.1, p.964-974, 2001.

PACOVSKY, R. S. Associação entre microorganismos e o sistema radicular das plantas. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIAS E ESTUDO DE CASOS, 1, Aracajú, 1999. Anais... Aracajú : Embrapa - Tabuleiros Costeiros, p.13-17, 1999.

PAGOTTO, D.S. Comportamento do sistema radicular do capim Tanzânia (*Panicum maximum*, Jacq.) sob irrigação e submetido a diferentes intensidades de pastejo. Dissertação, Piracicaba, ESALQ, USP, 51p., 2001.

PARETAS, J.J, LOPES, M., CARDENAS, M. Influencia de la fertilización con N y la frecuencia de corte sobre tres cultivares del género *Cynodon*. *Pastos y forrajes*, v.4, p.329-335, 1981.

PARSONS, A. J. & WILLIAMS, T. E. Herbage production: grasses and leguminous. In: HOLMES, W. (Ed.) *Grass: its production and utilisation*. Oxford: Blackwell Scientific, 1982. Cap. 2, p.7-88.

PATEL, N. K., SINGH, T. P., SAHAI, B., PATEL, M. S. Spectral response of rice crop and its relation to yield and yield attributes. *International Journal of Remote Sensing*, v.6, n.5, p.657-664, 1985.

PAULINO, V. T., GERDES, I., CARVALHO, D. D., LUCENA, M. A., AMARO, F. R., FERREIRA, T.A. Fontes e doses de nitrogênio na produção, teor de proteína bruta e perfilhamento de capim Tifton-85 (*Cynodon* spp.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, Juiz de Fora, 1997. Anais... Juiz de Fora : SBZ, 1997, v.2, p.142-144.

PEDREIRA, C. G. S. Avaliação de novas gramíneas do gênero *Cynodon* para a pecuária do sudeste dos Estados Unidos. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO CYNODON, 1, Juiz de Fora, 1996. Anais... Juiz de Fora : Embrapa- CNPGL, p.111-125, 1996.

PEDREIRA, C. G. S., NUSSIO, L. G., SILVA, S. C. Condições edafo-climáticas para produção de *Cynodon* spp. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 15, Piracicaba, 1998. Anais... Piracicaba: FEALQ, p 85-114. 1998.

PEREIRA, A. R. & MACHADO, E. C. *Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais*. Campinas: IAC, 1987. 33p. (Boletim Técnico, n.114).

PEYRAUD, J. L. & ASTIGARRAGA, L. Review of the effect of nitrogen fertilization on the chemical composition, intake, digestion and nutritive value of fresh herbage: consequences on animal nutrition and N balance. *Animal feed Science and Technology*, n.72, p.235-259, 1998.

PINTO, J.C. Crescimento e desenvolvimento de *Andropogon gayanus* Kunt, *Panicum maximum* Jacq e *Setaria anceps* Stapf ex Massey cultivadas em vasos, sob diferentes doses de nitrogênio. Tese. 149p. UFV, Viçosa, MG, 1993.

PINTO, J.C., GOMIDE, J.A., MAESTRI, M. Produção de matéria seca e relação folha/colmo de gramíneas forrageiras tropicais, cultivadas em vasos, com duas doses de nitrogênio. *R. Soc. Bras. Zootec.*, v.23, n.3, p. 313-326, 1994.

PIZZIO, R., PALLARÉS, O. R., FERNÁNDEZ, J. G. *Pasturas subtropicales en campos bajos de corrientes*. Mercedes: INTA, 1997. 4p. (Noticias y Comentários, 321)

POSTIGLIONI, S.R., MESSIAS, D.C. Potencial forrageiro de quatro cultivares do gênero *Cynodon* na região dos Campos Gerais do Paraná. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, Botucatu, 1998. Anais... Botucatu : SBZ, 1998 (CD-ROM).

RADFORD, P.J Growth analysis formulae: Their use and abuse. *Crop science*, n.7, v.3, p.171-175. 1967.

RAMOS, N., HERRERA, R. S., CURBELO, F. Edad de rebrote y niveles de nitrógeno en pasto estrella (*Cynodon nienhuensis*). 1. Componentes del rendimiento y eficiencia de utilización del nitrógeno. *Revista Cubana de Ciéncia Agricola*, v.16, n.3, p.305-312, 1982.

RAMOS, N., HERRERA, R. S., CURBELO, F. Edad de rebrote y niveles de nitrogeno en pasto estrela (*Cynodon nienfluensis*). *Revista Cubana de Ciéncia Agricola*, v.14, n.1, p.83-93, 1980.

RAYMOND, W. F. The Nutritive Value of Forage Crops. *Advances in Agronomy*, n.21, p.1-103, 1969.

REIS, R. A. Processamento e conservação de fenos. In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO CYNODON, 1, Juiz de Fora, 1996. Anais... Juiz de Fora : Embrapa - CNPGL, 1996, 181p.

REIS, R.A., RODRIGUES, L.R. Valor nutritivo de plantas forrageiras. Jaboticabel, 26p., 1993.

REMY, V.A. & MARTÍNEZ, J. Sistema de distribución del N en el pasto bermuda cruzada- 1 (*Cynodon dactylon* L. Pers.). *Pastos y Forrajes*, v.6, n.3, p.363-374, 1983.

RIBEIRO, K .G., PEREIRA, O. G., GARCIA, R., et al. Rendimento forrageiro e valor nutritivo do capim tifom 85, em três frequencias de corte sob diferentes doses de nitrogênio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, Botucatu, 1998. Anais... Botucatu : SBZ, 1998, p.542-544.

ROBSON, M. J., RYLE, G. J. A., WOLEDGE, J. The grass plant – its form and function. In: JONES, M. B.; LAZENBY, A. (Ed.) *The grass crop: the physiological basis of production*, London : Chapman and Hall, 1988. Cap. 2. p.25-83.

ROCHA, G. L. A evolução da pesquisa em forragicultura e pastagens no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE PASTAGENS, 9, Piracicaba, 1988. Anais... Piracicaba: FEALQ, p.5-51, 1988.

RODRIGUES, L. R. A. & RODRIGUES, T. J. D. Ecofisiologia de plantas forrageiras. In: CASTRO, P. R. C., FERREIRA, S. O., YAMANDA, T. (Ed.) *Ecofisiologia da produção agrícola*. Piracicaba: POTAFÓS, 1987. Cap. 12. P.203-230.

RODRIGUES, L. R. A. & RODRIGUES, T. J. D. Estabelecimento dos capins do gênero *Cynodon* em áreas de *Brachiaria* spp In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO CYNODON, 1, Juiz de Fora, 1996. Anais... Juiz de Fora : Embrapa - CNPGL, 1996, 181p.

RODRIGUES, L.R.A. Sistemas de pastejo. In: Semana de zootecnia, 12, Pirassununga, 1998. Anais... Pirassununga : USP, 1998, p.57-71.

RODRIGUES, T.J.D.; RODRIGUES, L.R.A.; REIS, R.A. Adaptação de plantas forrageiras às condições adversas. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DE PASTAGENS, 2, Jaboticabal, 1993. Anais... Jaboticabal : FUNEP, p.17-61, 1993.

ROSSIELO, R. O. P., MARZOLA, O. L., SILVA, E. V. B. et al. *Acumulação de matéria seca e índice de área foliar em relação à produção de cana-de-açúcar*. Itaguai: UFRRJ, 1983.

RUSSELL, G., JARVIS, P. G., MONTEITH. Absorption of radiation by canopies and stand growth. In: RUSSELL, G., MARSHALL, B. & JARVIS, P. G. *Plant canopies: their growth, form and function*. Cambridge University Press. p.21-40, 1989.

RYLE, G. J. A. Effects of photoperiod in growth cabinets on the growth of leaves and tillers in threepennial grasses. *Annals of Applied Biology*, v.57, p.269-279, 1966.

SÁ, P. G. *Avaliação estacional de 14 gramineas forrageiras em 3 níveis de adubação nitrogenada e fosfatada*. Londrina : IAPAR, 1995, 2p. (IAPAR- Informe de Pesquisa, 61).

SANCHEZ, P. A., SALINAS, J. G. Low-imput technology for managing Oxisols and Utisols in tropical American. *Adv. Agron.* v.34, p.279-406, 1981.

SANTOS, P. M. Estudo de características agronômicas de *Panicum maximum* (Jacq.) cvs. Tanzânia e Mombaça para estabelecer seu manejo. Piracicaba, ESALQ, 1997, 62p. (Dissertação)

SCOFIELD, H. L. M. Alternativas de recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria brizantha*, cv marandu em ecossistema de cerrado. Seropédica, UFRRJ, 2002. (Dissertação)

SCURLOCK, H. R. & PRINCE, S. D. Remote sensing of biomass and productivity. In: HALL, D. O., SCURLOCK, J. M. O., BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R., LEEGOOD, R. C., LONG, S. B. (Ed.) *Photosynthesis and production in a changing environment*. London: Chapman & Hall, p.22-35, 1993.

SCURLOCK, J. M. O. & HALL, D. O. The global carbon sink: a grassland perspective. *Global Change Biology*, v.4, p.229- 233, 1998.

SERRANO, L., PARDOS, J. A., PUGNAISE, F. I., DOMINGO, F. Absortion of radiation, photosynthesis and biomass production in plants. In: PESSARAKLI, M. *Handbook of plant and crop physiology*. Marcel Dekker Inc. New York. p.243-256. 1995.

SETELICH, E.A., ALMEIDA, E.X., MARASCHIN, G.E. Resposta à adubação nitrogênada de capim-elefante anão cv. Mott, sob pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, Botucatu, 1998. Anais... Botucatu : SBZ, 1998 (CD-ROM).

SILSBURY, J.H. Interrelation in the growth and development of *Lolium*. II. Tiller number and dry weight at low density. *Austr. J. Agric. Res.*, v.17, n.6, p.481-847, 1966.

SILVA, D. J., QUEIROZ, A. C. *Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3.ed. Viçosa : UFV, 2002. 235p.

SILVA, S. *Formação e manejo de pastagens : perguntas & respostas*. Guaíba: Agropecuária, 2000. 98p.

SINCLAIR, T. R. & HORIE, T. Leaf nitrogen, photosynthesis and crop radiation use efficiency: a review. *Crop Science*. v.29, p.90-98, 1989.

SIQUEIRA, J. O., MOREIRA, F. M. S. Microbial populations and activities in highly-weathered acidic soils: highlights of the Brazilian research. In: MONIZ, A. C., FURLANI, A. M. C., SCHAFFERT, R. E., FAGERIA, N. K., ROsolem, C. A., CANTARELLA, H. (Eds) Plant-soil interactions at low pH: sustainable agriculture and forestry production. Brazilian Soil Science Society. p.55-58. 1997

SMITH, H. Function, evolution and action of plant photosensors. In: SMITH, H. (Ed.) Plants and daylight spectrum. New York: Academic Press, Cap.2, p.499-508, 1981.

SOARES FILHO, C. V. Tratamentos fisico-mecânicos, correção e adubação para recuperação de pastagens. In: ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS, I, Nova Odessa, 1993. Anais... Nova Odessa : IZ, p.79-118, 1993.

SOUZA, A. Análise do crescimento dos capins transvala (*Digitaria decumbens*), suázi (*Digitaria swazicola*), petziana (*Digitaria petzii* x *Digitaria milagiana*), estralade porto rico (*Cynodon nemfuensis*) e tifton-85 (*Cynodon* ssp.), sob três níveis de adubação. Sropédica, 1998, UFRRJ, 97p. (Dissertação)

STANLEY, R.L., BEATY, E.R., POWELL, J.D. Forage yield and percent cell wall constituents of pensacola bahiagrass as relates to N fertilization and clipping height. *Agronomy Journal*, v.69, n.3, p.501-504, 1977.

STEEN, E. Variation of root growth in a grass ley studied with a mesh bag technique. *Swedish J. Agric. Res.* V.14, p.93-97, 1984.

STEFFEN, C. A., MORAES, E. C. Tutorial de radiometria. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7, Curitiba, 1993. Anais... Curitiba: Sociedade Latino-Americana de Sensoriamento Remoto / NPE, p.2-12, 1993.

STEVENSON, F. J. Cycles of carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. In: WILEY, J. & SONS, S. New York. 1986.

TISDALE, J. M. Formation of soil aggregates and accumulation of soil organic matter. In: CARTER, R. M. & STEWART, B. A. (Eds.) *Structure and organic matter storage in agricultural soils*. Lewis Publishers, Boca Raton, p.57-95, 1996.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. *Sistema de análises estatísticas e genéticas - SAEG*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999. Manual do usuário, 138p. (versão 6.1).

URQUIAGA, S. & ZAPATA, F. *Manejo eficiente da la fertilización nitrogenada de cultivos anuales en América Latina y el Caribe*. Porto Alegre: Gênesis, Rio de Janeiro. EMBRAPA Agrobiologia, 2000. 110p.

VAN KEULEN, H., GOUDRIAAN, J., SELIGMAN, N. G. Modelling the effects of nitrogen on canopy development and crop growth. In: RUSSELL, G., MARSHALL, B., JARVIS, P. G. *Plant canopies: their growth, form and function*. Cambridge University Press. p.83-104, 1989.

VAN SOEST, P. J. & ROBERTSON, J. B. *Analysis of forages and fibrous foods*. A laboratory manual for animal science. Cornell University. 201p. 1985.

VAN SOEST, P. J. & WINE, R. H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. The determination of plant cell wall constituents. *J. Assoc. Anal. Chem.* 50 : 50-55, 1967.

- VAN SOEST, P. J. Development of comprehensive system of feed analysis and its applications to forage. *Journal Animal Science*, v.26, n.1, p.119-128, 1967.
- VAN SOEST, P. J. Nutritional ecology of the ruminant. Ithaca, New York: Cornell, 1994. 476p.
- VAN SOEST, P.J. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *J. Anim. Sci.*, v.24, n.3, p.834-843, 1965.
- VENTRELLA, M. C., RODELLA, R. A., COSTA, C., CURI, P. R. Anatomia e bromatologia de espécies forrageiras de *Cynodon Rich.* II - Colmo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, Juiz de fora, 1997. Anais... Juiz de fora: SBZ, 1997a, v.2., p.6-8.
- VENTRELLA, M. C., RODELLA, R.A., COSTA, C., CURI, P.A. Anatomia e bromatologia de espécies forrageiras de *Cynodon Rich.* I- Folha. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, Juiz de fora, 1997. Anais... Juiz de fora: SBZ, 1997b, v.2, p.3-5.
- VILELA, D. & ALVIM, M. J. Manejo de pastagens do gênero *Cynodon*: Introdução, caracterização e evolução do uso no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 15, Piracicaba, 1998. Anais... Piracicaba : FEALQ, p.23-54, 1998.
- VILELA, D. & ALVIM, M. J. Produção de leite em pastagens de *Cynodon dactylon*,(L.) Pers, cv. 'coast-cross' In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO CYDON, 1, juiz de fora: Embrapa- CNPGL, p.77-91, 1996.
- VOGTT, K. A.; VOGTT, D. J. and JANINE BLOOMFIELD. Analysis of some direct and indirect methods for estimating root biomass and production of forest at na ecosystem level. *Plant and Soil*. V: 200, p. 71-89, 1998.
- VOLENCE, J.J., NELSON, C.J. Responses of Tall fescue leaf meristems of N fertilization and harvest frequency. *Crop Science*, v.23, p.720-724, 1983.
- WESTOBY, M. The self-thinning rule. *Advances in Ecological Research*, v.14, p.167-225, 1984.
- WILSON, J.R. Environmental and nutritional factors affecting herbage quality. In: HACKER, J.B.(Ed.) NUTRITIONAL LIMITS TO ANIMAL PRODUCTION FROM PASTURES, St. Lucia, 1982. Proceedings. St Lucia, Queensland, 1982, p.89-110.
- WILSON, J.R. Organization of foage plant tissues. In: JUNG, H.G., BUXTON, D.R., HATFIELD, R.D., RALPH, J. (Eds.) Forage cell wall and digestibility. Segoe Rd., Madison, p.1-32, 1993.
- WALTER-SHEA, E. A., NORMAN, J. M., BLAD, B. L., ROBINSON, B. F. Leaf reflectance and transmittance in soybean and corn. *Agronomy Journal*, v.83, p.631-636, 1991.
- WOLEDGE, J. The effect of shading during vegetative and reproductive growth on the photosynthetic capacity of leaves in a grass sward. *Annals of Botany*, v.42, p.1085-1089, 1978.
- XIA, J. X., HODGSON, J., MATTHEW, C., CHU, A. C. P. Tiller population and tissue turnover in perennial ryegrass pasture under hard and lax spring and summer grazing. *New Zealand Grasslands Association*, v.51, p.119-122, 1990.

YODA, K., KIRA, T., OGAWA, H., HOZUMI, K. Self-thinning in overcrowded pure stands under cultivate and natural conditions (intraspecific competition among higher plants XI). *Journal of institute of Polytechnics*, v.14, p.107-129, 1963.

ZARROUGH, K.M., NELSON, C.J. Regrowth of genotypes of tall fescue differing in yield per tiller. *Crop Science*, v.20, n.4, p.540-544, 1980.

ZIMMER, A. H. & EUCLIDES FILHO, K. P. As pastagense a pecuária de corte brasileira. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1, Viçosa, 1997. Anais... Viçosa: UFV, p.350-379, 1997.

ZIMMER, A. H. & CORREA, E. S. A pecuária nacional, uma pecuária de pasto ? In: ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS, 1, Nova Odessa, 1993. Anais... Nova Odessa : IZ, p.1-26, 1993.

ZIMMER, A. H. & EUCLIDES, V. P. B. Importância das pastagens para o futuro da pecuária de corte no Brasil. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 1, Lavras, 2000. Anais... Lavras : UFLA, p.1-49, 2000.

ZIMMER, A.H., EUCLIDES, V.P.B., MACEDO, M.C.M. Manejo de plantas do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 9, Piracicaba, 1988. Anais... Piracicaba : FEALQ, 1988, p.142-183.

ZIMMERMANN, F. J. P. Efeito da heterogeneidade da variância e distribuição de probabilidade dos dados sobre o poder e tamanho do teste F. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.22. p.1209-1213. 1987.

ANEXO I

Através do Índice de Área Foliar (IAF, g MST_{FV}/cm² de solo), pode-se visualizar o aumento real da área foliar, com grande efeito do N (Tabela 5). O IAF foi calculado tomando-se por base a área do vaso (cm²), que representa a área de solo sob a qual as plantas cresceram.

Tabela 5 – Índice de área foliar (g MST_{FV}/cm² de solo) do *Cynodon dactylon* cv. Coastcross-1 até 70 dias após o corte de uniformização, sob doses de adubação nitrogenada

Dose de N (kg/ha)	Idade da planta (dias após o corte)			
	28	42	56	70
0	0,47	0,66	0,82	0,56
100	2,18	1,96	2,65	2,83
200	2,64	2,60	3,07	2,61
300	3,37	3,62	3,50	3,35

Na ausência de adubação nitrogenada, o IAF varou de 0,47 a 0,82 durante o período experimental. Entretanto, o menor valor observado quando do crescimento sob adubação nitrogenada foi de 1,96, que se deu aos 42 dias com a dose de 100 kg de N/ha. O maior valor observado também foi aos 42 dias, no entanto foi para a dose de 300 kg de N/ha, de 3,62. Esses valores estão próximos aos observados na literatura.

FAGUNDES et al. (2001), avaliando pastos de Tifton-85, Florakirk e Coastcross mantidos de 5 a 20 cm de altura em *steady state*, com 150 kg de N/ha, observaram IAF's de 0,21 a 3,71. Entretanto, foi observado em FAGUNDES et al. (1999) os valores obtidos para a cultivar Coastcross, que variaram de 0,21 a 1,64, mantendo uma média de 1,00, ou seja, valores abaixo dos observados nesse estudo.

GOMIDE (1996), trabalhando com cultivares de *Cynodon*, observou maiores valores que os observados nesse estudo, onde, para as cultivares Tifton-68, Tifton-85 e Florico, os valores foram em torno de 4,0. Apesar deste fato, foi observado por este autor, um aumento do IAF até 42 dias de idade da planta, com tendência de redução até 84 dias. O mesmo foi observado nesse estudo quando até a dose de 200 kg de N/ha houve um aumento até 56 dias, e na dose de 300 kg de N/ha, um máximo aos 42 dias, porém para todas as doses também foi observado uma redução do IAF após as idades citadas.

Não foi feita a análise estatística desses dados, no entanto se observou que com o aumento da disponibilidade de N, houve uma redução do tempo para o dossel atingir o IAF máximo, dentro desse período experimental.

Segundo BURTON et al. (1993), um maior IAF, como o encontrado por FAGUNDES et al. (2001) para a cultivar Tifton-85 em relação às cultivares Coastcross e Florakirk, pode ser justificado pelo maior porte, folhas mais largas e maior comprimento final das folhas na cultivar Tifton-85.

O aumento do IAF com o N pode estar relacionado, segundo MURATA (1969), com o aumento da área foliar, resultando em maior sombreamento e resistência

estomática. É devido a esse efeito que observamos respostas sigmoidais do IAF para a aplicação de N.

BROUGHAM (1956, 1957) observou que gramíneas temperadas apresentam maior IAF ótimo que as gramíneas tropicais, com valores de 3,5 a 5,0. Neste mesmo intervalo de IAF's, HUMPHREYS (1966), observou que a interceptação luminosa era de 95 %.

FAGUNDES et al. (1999) observaram, para as cultivares Florakirk, Tifton-85 e Coastcross, que a interceptação luminosa não atingiu 95 %, variando de 10 a 90 %, com uma média de 55 %, par valores de IAF de 0,21 a 3,71. Estes autores observaram para o Coastcross, valores sempre abaixo dos valores observados para as outras cultivares, tanto para interceptação luminosa como para IAF.