

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE – DARCY RIBEIRO

SAULO ALBERTO DO CARMO ARAÚJO

**AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE
CAPIM-ELEFANTE ANÃO PARA PASTEJO**

CAMPOS DOS GOYTACAZES

2008

SAULO ALBERTO DO CARMO ARAÚJO

**AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE
CAPIM-ELEFANTE ANÃO PARA PASTEJO**

Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em Ciência Animal, na Área de Concentração de Nutrição e Produção Animal.

ORIENTADOR: Hernán Maldonado Vasquéz

CO-ORIENTADORES: José Fernando Coelho da Silva e Eliemar Campostrini

Campos dos Goytacazes

2008

BIOGRAFIA

Técnico agrícola pela Escola Agrotécnica Federal de Barbacena, Graduado e Mestre em Zootecnia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Doutor em Ciência Animal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense. Tem experiência na área de Zootecnia, com ênfase em Nutrição e Alimentação Animal, atuando principalmente nos seguintes temas: Formação e Manejo de Pastagens, Conservação de Forrageiras, Avaliação e Seleção de Forrageiras, Ecofisiologia de Plantas Forrageiras, Sistema Silvopastoril, Bovinocultura de Leite e Corte e Planejamento Agropecuário.

DEDICATÓRIA

A Deus e a Nossa Senhora Aparecida; a minha mãe, Maria Vicentina do Carmo Araújo, ao meu pai, Alberto Manoel de Araújo, e a minha amada esposa,
Amanda Melo Sant'Anna Araújo

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, pelo curso oferecido e pela estrutura física.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, pela concessão da bolsa de estudos.

Agradecimento especial a minha esposa Amanda, pela força e compreensão principalmente nos momentos de ausência e impaciência.

Aos professores Hernán Maldonado Vasquéz, José Fernando Coelho da Silva, Eliemar Campostrini e Alena Torres Netto, pela orientação durante a condução deste trabalho.

Aos pesquisadores, Antônio Vander Pereira e Francisco José da Silva Lédo, pela idealização desta linha de pesquisa e apoio.

A Jovana e Simone, pela competência com que exercem sua profissão e bom humor dedicados aos alunos.

Aos professores Ricardo Augusto Mendonça Vieira, Mirton José Frota Morenz e José Tarcísio Lima Thibeaut, pelas valiosas colaborações nas análises estatísticas.

A Simone, Érika, Caroline, Welington e Leonardo pela amizade e ajuda nos trabalhos.

Aos professores do Laboratório de Zootecnia e de Fisiologia Vegetal, pelos ensinamentos nas disciplinas da pós-graduação.

Aos técnicos, Rogério Aguiar e Cláudio Lombardi, pela ajuda na implantação e desenvolvimento desta pesquisa.

Aos funcionários, Ricardo, Chico, Mussurepi e, principalmente, a Amilson, pela grande ajuda nos trabalhos de campo.

Aos meus amigos do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias: Adolpho Antonioli, Fábio Nunes, Felipe Domingues, Julien Chiquieri, Nivaldo Sant'Anna, Patrícia Campos, Paulo Drude, Pedro Pierrô, Renato Borges, Victor Libardi, Viviane Pimentel e Willian Tortoni.

Aos meus amigos de república, Alberto Chambela, Érico Lima, Leonardo Dobbss, Thiago Vasconcelos e Vitor Oliveira, pela parceria e amizade.

Agradecimento especial ao meu amigo Bruno Deminicis, pela ajuda nos trabalhos e pelas valiosas gambiarras desenvolvidas.

Aos meus ex-alunos dos cursos Agronomia, Medicina Veterinária e, em especial, aos de Zootecnia, que muito me ensinaram durante nosso convívio.

Àqueles que não foram citados, mas que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

*" Moro num lugar
Numa casinha inocente no sertão
Um fogo baixo aceso no fogão
Fogão a lenha, ia
Tenho tudo aqui
Umaz vaquinha leiteira, um burro bão
Uma baixada ribeira, um violão
E umas galinha, ia
Tenho no quintal, uns pé de fruta e de flor
E no meu peito por amor, plantei alguém
Plantei alguém
Que vida boa, ouonou", ...*

Victor Chaves

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	11
2 - REVISÃO DE LITERATURA	
2.1. Avaliação e seleção de forrageiras	13
2.2. Capim-elefante (<i>Pennisetum purpureum</i> Schum.)	15
2.3. Intervalo de corte	17
2.4. Características morfofisiológicas	19
2.4.1. Efeito do estresse hídrico nas características fotossintéticas	20
2.4.2. A fluorescência da clorofila como indicativo de estresse	20
2.4.3. O papel da antocianina como agente fotoprotetor	21
2.5. Composição bromatológica	23
2.6. Cinética de degradação ruminal e estimativa de consumo	25
3. LITERATURA CITADA	28
TRABALHOS	36
Produção de matéria seca e composição bromatológica de genótipos de capim-elefante anão em diferentes intervalos de corte	
Resumo	37
Abstract	38
Introdução	39
Material e Métodos	40
Resultados e Discussão	44
Conclusões	52
Literatura Citada	53
Características fotossintéticas de genótipos de capim-elefante anão (<i>Pennisetum purpureum</i>, Schum.) sob estresse hídrico	
Resumo	55
Abstract	56
Introdução	57
Material e Métodos	58
Resultados e Discussão	62
Conclusões	69
Literatura Citada	71

Quantificação do conteúdo de pigmentos fotossintéticos com a aplicação do medidor indireto de clorofila Minolta SPAD-502

Resumo	73
Abstract	74
Introdução	75
Material e Métodos	76
Resultados e Discussão	78
Conclusões	83
Literatura Citada	84

Degradação ruminal *in situ* e estimativa de consumo de genótipos de capim-elefante anão

Resumo	86
Abstract	87
Introdução	88
Material e Métodos	90
Resultados e Discussão	93
Conclusões	100
Literatura Citada	101

1. INTRODUÇÃO

A baixa fertilidade natural observada na maioria dos solos brasileiros, aliada à deficiência na formação e manutenção das pastagens, bem como a utilização de forrageiras de baixo potencial produtivo, têm sido responsáveis pelos baixos rendimentos observados na pecuária nacional, visto que as pastagens constituem a base da alimentação do rebanho bovino.

A produção a pasto, além de se constituir num sistema de produção que requer menor investimento inicial de capital, tem um impacto negativo menor sobre o meio ambiente do que o dos sistemas confinados. Para os sistemas de produção, o uso eficiente de forrageiras e pastagens, como base da alimentação animal, representa uma das formas mais garantidas de se elevar a produtividade e reduzir os custos de produção.

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Shum.), dado o seu vigor, elevada produtividade, qualidade, capacidade de suporte e viabilidade econômica (YAMAGUCHI, 1994), constitui uma das melhores alternativas para a implantação de sistemas intensivos, e seu uso é crescente na bovinocultura de leite (PASSOS, 1994). Considerando o potencial genético desta forrageira, a obtenção de cultivares superiores, adaptadas aos diferentes ambientes, constitui uma prioridade, visto ser uma tecnologia de baixo custo, acessível à maioria dos produtores além de ser ambientalmente correta.

Um grande número de cultivares de capim-elefante, com reconhecido potencial forrageiro, já foi identificado, dentre eles, o capim-elefante anão cv. Mott (*Pennisetum purpureum* Schum.), uma gramínea perene que persiste por muitos anos, com excelente relação folha/caule e tolerância à seca (AGUIAR et al., 2002). Embora haja numerosos estudos de seleção de cultivares, características morfológicas, fisiológicas, manejo (altura e intervalo entre cortes), adubação, entre outros, a maioria se refere às cultivares de porte alto, sendo raras as informações sobre cultivares de *P. purpureum* do “grupo anão”, principalmente em condições de pastejo.

Cabe ressaltar que a ação do animal induz alterações morfológicas e faz com que a espécie forrageira adote novas estratégias de crescimento para garantir sua persistência. Tais mudanças são características específicas de cada cultivar. Daí a importância de estudos que objetivem uma criteriosa avaliação e seleção de cultivares com maior potencial forrageiro sob pastejo.

O objetivo deste estudo é avaliar e selecionar genótipos de capim-elefante de porte baixo mais produtivos e de melhor qualidade que apresentem tolerância a estresses bióticos e abióticos e sejam mais adequados para pastejo nas condições edafoclimáticas do Norte Fluminense (RJ).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Avaliação e seleção de forrageiras

Um dos objetivos primordiais do melhorista consiste em aprimorar cultivares existentes que são deficientes em certas características de interesse agrônomo e zootécnico. Rotineiramente, este aprimoramento é feito por meio de cruzamentos de cultivares comerciais com linhagens que possuam as características desejadas. Esse processo que envolve a adição de genes de interesse, embora efetivo, é relativamente lento, uma vez que utiliza cruzamentos em várias gerações e uma seleção fenotípica altamente criteriosa para a identificação dos materiais de elite. Ao realizar os cruzamentos, genes indesejáveis ligados às características de interesse, podem ser também introduzidos e necessitam ser eliminados por meio de gerações de seleção (VALLE, 2001).

Poucas são as cultivares de forrageiras disponíveis no Brasil resultantes de programas de melhoramento genético propriamente dito. A grande maioria é resultado da seleção realizada sobre acessos introduzidos ou coletados em coleções representativas da variabilidade natural. Em todos estes casos, o incremento em produção animal obtido principalmente nos últimos 20 anos, foi significativo e colocou o Brasil nos patamares de produção e exportação em que hoje se encontra. Também é importante ressaltar a grande diferença entre estágios de desenvolvimento do melhoramento de forrageiras temperadas e tropicais. Enquanto, nas primeiras, já se explorou a variabilidade natural e são utilizadas rotineiramente sofisticadas tecnologias de marcadores moleculares e melhoramento assistido para características quantitativas, o melhoramento de espécies tropicais consiste muitas vezes apenas na seleção, a partir da variabilidade genética natural em coleções restritas e ainda pouco estudadas (PEREIRA et al., 2001). Desta forma, existe grande expectativa em relação ao impacto dos trabalhos de melhoramento genético de forrageiras tropicais e seu reflexo na produção animal.

Os genótipos avaliados são originários de programas de melhoramento ou de germoplasmas coletados no Brasil ou em outros países. Nas fases iniciais, os materiais são avaliados sob corte em pequenas parcelas para aspectos de produção de forragem e é dada grande ênfase na avaliação da incidência de pragas e doenças. Na fase seguinte, os materiais

selecionados são avaliados sob corte em parcelas um pouco maiores, normalmente em ensaios regionais (5 a 7 locais), em que a adaptação a diferentes condições ambientais é averiguada. A seguir, os genótipos selecionados são avaliados em grandes ensaios de pastejo, onde a produção por animal e por área é mensurada. Depois dessa fase, os materiais selecionados sob pastejo, já nomeados para registro e em fase de pré-lançamento, são validados em fazendas. A validação por produtores permite a implementação de ajustes finais no manejo e no uso das novas cultivares. Em todas as fases de avaliação do programa, as atuais cultivares comerciais de cada gênero adaptadas à região são consideradas como testemunhas, o que garante que as cultivares liberadas apresentem características superiores às aquelas existentes no mercado. De acordo com Andrade et al. (2004), ao mesmo tempo, são conduzidos ensaios de apoio nas áreas de adubação, agronomia, ecofisiologia, doenças e pragas, microbiologia e tecnologia de sementes que geram as informações necessárias para a segura liberação das novas cultivares.

Segundo Jank (1995), a busca por materiais genéticos superiores está apenas se iniciando, pois mais de noventa por cento das cultivares disponíveis no mercado, ou introduções existentes nos Centros de Pesquisa, Estações Experimentais ou Universidades do Brasil, são selvagens, ou seja, são materiais tais quais encontrados na natureza e que não sofreram qualquer tipo de manipulação genética.

Metodologias de biologia molecular e celular têm sido amplamente utilizadas em grandes culturas. Em se tratando de forrageiras, os programas de melhoramento de espécies temperadas, como a alfafa e o azevém, na Europa e Estados Unidos, já utilizam essas ferramentas na obtenção de variedades, enquanto as forrageiras tropicais ainda carecem de estudos básicos que vão desde a definição do tamanho do genoma até o estabelecimento de protocolos de extração de DNA e escolha de marcadores moleculares eficientes (VALLE, 2001).

Independentemente da metodologia de melhoramento genético utilizada, os programas de melhoramento de forrageiras tropicais devem ser dirigidos para a obtenção de novos materiais que possam aumentar a qualidade e a quantidade de forragem produzida e, principalmente, a eficiência de produção animal, ressaltando, como características de maior interesse no processo de avaliação e seleção, a qualidade forrageira, a produção de sementes, a resistência a pragas e doenças, a persistência, a fixação de nitrogênio, a resistência à seca e ao frio, a tolerância à salinidade, a ausência de fatores antinutricionais e a tolerância ao alumínio do solo (PEREIRA, 2002).

2.2. Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.)

O capim-elefante é uma das gramíneas mais importantes e difundidas em todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo. É originária da África, com ocorrência natural em vários países, desde a Guiné, no oeste, até Angola e Zimbábue, no sul, e Moçambique e Kenia, no leste africano (BRUNKEN, 1977), sob regimes de pluviosidade superiores a 1000 mm.ano⁻¹. Foi descoberta em 1905, pelo coronel Napier, porém, somente a partir de 1920, verificam-se registros sobre o seu uso como forrageira picada verde ou conservada (GRANATO, 1924 citado por PEREIRA, 1994).

Após seu conhecimento como forrageira de alto valor para alimentação de rebanhos, principalmente bovinos, o capim-elefante foi introduzido em vários países, sendo atualmente encontrado em regiões tropicais e subtropicais, em altitudes que variam desde o nível do mar até 2000 m (BOGDAN, 1977). Entretanto, o melhor desenvolvimento é obtido em altitudes de até 1500 m, com temperaturas em torno de 24°C (RODRIGUES et al., 1975). Desde sua introdução no Brasil, a espécie chamou a atenção de técnicos e pecuaristas, pela exuberância de seu porte avantajado e grande capacidade de produção por unidade de área (FARIA, 1992), registrando-se produções de até 80 toneladas de matéria seca por ha.ano⁻¹ (RUIZ et al., 1991). Segundo Pereira & Ferreira (1998), é considerada a espécie de maior potencial para a produção de leite a pasto, podendo alcançar produtividades acima de 15.000 kg.ha.ano⁻¹ de leite.

O capim-elefante, com suas várias cultivares, apresenta alta produção de forragem e bom valor nutritivo (OTERO, 1961), representando um importante recurso genético à disposição dos melhoristas. Xavier (1993) relatou que a produção comercial da semente é inviável por ser uma espécie protogênica (o estigma se desenvolve, murcha e morre antes da maturação das anteras) e alógama (alta heterozigose das sementes formadas), o que gera populações de plantas desuniformes. Assim a propagação do capim-elefante é basicamente vegetativa, realizada por pedaços dos colmos (CARVALHO, 1985), já que, de uma só touceira, podem ser obtidas várias mudas, com grande uniformidade. Este fato garante a cada geração a preservação de suas características genéticas (PEREIRA, 1994). Entretanto, estudos de cruzamentos interespecíficos desta espécie com *Pennisetum americanum* (milheto) vêm sendo realizados com o objetivo de desenvolver cultivares propagadas por sementes,

agregando as características de alta produção de massa do capim-elefante e de resistência à seca e elevado valor nutritivo do milho.

O potencial de uso do capim-elefante na forma de pastagem tem sido revelado por pesquisas divulgadas a partir de 1986, pela EMBRAPA Gado de Leite (DERESZ & MOZZER, 1990), indicando que pastos de capim-elefante bem manejados são viáveis e podem trazer grande contribuição ao setor pecuário do país, liberando áreas das fazendas para outras atividades, intensificando, assim, o processo produtivo. Considerando alguns aspectos, como o custo elevado de formação da pastagem, é indispensável dispor de informações sobre as características fenológicas, exigências edafoclimáticas e adaptação ambiental, de modo a auxiliar na escolha das cultivares mais adaptadas a cada região.

Entretanto, de acordo com Jacques (1994) e Pereira et al. (1997), existem poucas cultivares específicas para uso sob pastejo, sendo, na maioria das vezes, utilizadas as desenvolvidas para o sistema de corte. Estes autores afirmaram ainda que, quando forrageiras de porte alto são utilizadas sob pastejo, ocorrem algumas alterações morfológicas decorrentes, principalmente da eliminação do meristema apical e da ação do animal sobre a planta. Assim sendo, a planta adota novas estratégias de crescimento e persistência na pastagem, de acordo com a pressão de pastejo. Estas modificações fenotípicas ocorrem em graus diferentes, decorrentes da interação genótipo x ambiente. Isto pôde ser comprovado nos trabalhos de Silva et al. (2002) que avaliaram 17 genótipos de capim-elefante sob pastejo na época das águas. Estes constataram que os valores de produção de matéria seca declinaram no segundo e terceiro ciclos de pastejo, provavelmente em razão da eliminação do meristema apical, o que resulta numa rebrota lenta das gemas axilares, com alongamento insuficiente de caules, mesmo em condições climáticas consideradas ótimas para o crescimento da cultura.

Assim, a utilização em pastejo de cultivares de porte baixo, selecionadas e adaptadas a condições climáticas ótimas, torna-se fundamental para melhorar a persistência desta espécie. O capim-elefante apresenta genótipos com grande variabilidade genética, diferenciando-se por características morfológicas, reprodutivas, agrônômicas e bioquímicas. Dentre os grupos, destaca-se o grupo “anão” que, atualmente, tem despertado elevado interesse nos sistemas de pastejo.

O capim-elefante anão foi primeiramente descoberto nos anos de 1940, e a cv. Mott foi selecionada em 1977, de uma progênie autofecundada da cultivar Merkeron, na Geórgia (EUA). O Merkeron é um híbrido de porte alto, selecionado do cruzamento de capim-elefante de portes baixo e alto, efetuado de 1936 a 1943. A cv. Mott é a representante mais importante

do grupo, podendo atingir uma altura máxima de 1,80 m, forma touceira densa com alta relação folha/colmo, com elevado valor nutritivo. Segundo Almeida et al. (2000), ela foi introduzida no Brasil a partir da década de 80, sendo que, entre os escassos trabalhos de pesquisa realizados com esta forrageira sob pastejo, poucos têm sido realizados no país. De acordo com Mott (1984), esta forrageira tem uma capacidade de produção sob pastejo de 1,0 kg de ganho médio diário, quando bem manejada.

Almeida et al. (2000), estudando a oferta de forragem de capim-elefante cv. Mott, observaram uma taxa de acúmulo de matéria seca de lâmina verde (MSLV) de 70 kg.ha.dia⁻¹, permitindo colheita de forragem com 17,8% de proteína bruta e 68,4% de digestibilidade. Esta condição da pastagem assegurou ganhos médios diários de 1,06 kg/novilho com uma oferta de forragem de 11,3 kg de MSLV/100 kg PV/dia. Neste estudo, a eficiência da pastagem de capim-elefante anão cv. Mott foi de 12,3 kg de MSLV para 1,0 kg de peso vivo.

O melhoramento da maioria das características do capim-elefante é possível ser obtido por meio da utilização do germoplasma da espécie e de espécies geneticamente próximas. A obtenção de cultivares adaptadas ao pastejo com propagação via semente, com melhor qualidade, boa velocidade de rebrota, melhor relação folha/caule, sem pêlo, tolerantes a solos de baixa fertilidade, à seca e salinidade, tem sido consideradas demandas de alta prioridade pelos programas de melhoramento genético no Brasil (PEREIRA & FERREIRA, 1998). Neste sentido, a utilização da cv. Mott como fonte do “gene anão”, no cruzamento com genótipos de capim-elefante de interesse agrônomico e zootécnico, torna-se um importante instrumento no desenvolvimento de novas cultivares de capim-elefante de porte baixo, mais adequadas para a utilização em sistemas de pastejo.

2.3. Intervalo de corte

Dentre as plantas forrageiras, o capim-elefante se destaca como uma das espécies de maior potencial produtivo (RUIZ et al., 1991), entretanto, inúmeros fatores interferem na quantidade, perenidade e no valor nutritivo de matéria seca colhida, como: cultivar utilizada, altura de corte, fertilidade do solo, água, luz, temperatura e intervalo de cortes (DERESZ & MOZZER, 1990).

Segundo Veiga (1990), o sucesso dessa gramínea deve-se basear na manutenção do maior número possível de pontos de rebrota, por onde se dará o acúmulo de forragem; na otimização da qualidade da forragem produzida, mantendo a rebrota nos limites de alcance dos animais e em densidade adequada; e na garantia de que o manejo não comprometa a persistência da pastagem. A adoção conjunta de tecnologias tem possibilitado atender a essas premissas e, assim, promover o uso eficiente da pastagem de capim-elefante, garantindo aumento em produtividade e redução nos custos de produção de leite (LOPES et al., 2003).

O fornecimento de forragem de alta qualidade é um dos melhores caminhos para otimizar o aproveitamento da dieta e, conseqüentemente, reduzir os custos de produção. No entanto, para que esse objetivo seja alcançado, é necessário conhecer os fatores que afetam esta característica. Um dos fatores que mais a influencia é a maturidade da planta. Quanto maior for o período de crescimento maior será a produção por corte, porém, o que deve interessar não é apenas a produção de matéria seca, mas também sua composição. Portanto, deve-se dar ênfase aos aspectos da qualidade da forragem relacionados a sua idade ou ao grau de maturidade da matéria seca.

O decréscimo na qualidade das forrageiras com o avanço da idade deve-se à queda no teor de proteína, ao aumento da parede celular e ao acúmulo de lignina indigerível. Essas alterações ocorrem com maior intensidade em forrageiras tropicais em função do rápido crescimento e, conseqüentemente, da redução da qualidade de forma acelerada, o que reflete em baixo desempenho dos rebanhos, devido principalmente ao menor consumo limitado pela fração fibrosa da forrageira (VAN SOEST, 1994).

A definição do intervalo ideal de cortes para cada forrageira, na condição edafoclimática utilizada, é importante para o seu manejo racional, permitindo associar a produção satisfatória à boa qualidade da forragem (SANTANA et al., 1994). Segundo Voisin (1981), para se obter a produtividade máxima do pasto, é indispensável proporcionar tempos de repouso suficientes, permitindo-lhe realizar sua “labareda de crescimento” e reconstituir as reservas de sua raiz. Esse mesmo autor também ressalta sobre a importância do conhecimento do tempo ótimo de repouso da forragem, o que permite otimizar o aproveitamento tanto da forrageira, quanto da produtividade animal.

Assim, a correta definição do intervalo de corte é crucial para o sucesso da exploração do ecossistema da pastagem. De fato, a pronta recuperação do dossel após pastejo guarda alta correlação com a produção de forragem que depende do período de descanso, cuja duração deve observar a restauração das reservas orgânicas, a área foliar residual, a interceptação

luminosa pelo dossel, a perda por senescência e respiração, e o número de folhas vivas por perfilho (CANDIDO et al., 2005).

Veiga (1990), em trabalho com capim-elefante anão cv. Mott, concluiu que a qualidade da forragem consumida foi melhor nos períodos de descanso mais curtos do que nos mais longos, em uma faixa variando de 14 a 56 dias. Andrade & Gomide (1971), avaliando a curva de crescimento do capim-elefante cv. Taiwan A-146, nas idades de 28, 56, 84, 112, 140, 168 e 196 dias de crescimento, registraram rendimentos de MS de 1,16; 5,48; 8,20; 11,85; 16,40; 16,42 e 14,47 t.ha⁻¹ e teores de proteína bruta de 15,3%; 8,4%; 4,8%; 4,1%; 4,2%, 2,5% e 2,3% para as respectivas idades. Veiga et al. (1985), trabalhando com capim-elefante em pastejo, concluíram que o maior aproveitamento da gramínea ocorreu quando a pressão de pastejo foi baixa e os ciclos de pastejo foram longos, variando entre 42 e 56 dias.

Pode-se observar que há divergências entre os pesquisadores quanto ao melhor intervalo de corte e que não deve existir valores pré-determinados devido às particularidades de cada forrageira e sistema de produção adotado.

2.4. Características morfofisiológicas

Na maior parte das áreas tropicais, o déficit hídrico é o fator mais importante na determinação do crescimento e da produtividade das forrageiras, provocando uma estacionalidade de produção principalmente entre as estações de inverno e verão.

Os efeitos dos fatores climáticos no crescimento e desenvolvimento, assim como a partição de carbono entre os órgãos, são importantes nas taxas de crescimento da cultura (NORMAN et al., 1995). Segundo Taiz & Zeiger (2004), muitos processos fisiológicos nas plantas, como expansão e alongamento das folhas, abertura e fechamento estomático e, conseqüentemente, a fotossíntese, são regulados principalmente pela pressão de turgescência das células.

Plantas sob déficit hídrico sofrem mudanças em sua anatomia, fisiologia e bioquímica, com intensidades que dependem do tipo de planta e do grau de duração do déficit hídrico (KRAMER, 1983). Algumas plantas, para se adaptarem às condições de déficit hídrico, adotam a estratégia de redução da parte aérea em favor das raízes, limitando sua capacidade de competir por luz, pela diminuição da área foliar, com conseqüente redução na

produtividade (NABINGER, 1997), aceleração na taxa de senescência foliar, inibição do perfilhamento e ramificações e a aceleração da morte dos perfilhos estabelecidos, bem como atraso no seu crescimento e desenvolvimento (BUXTON & FALES, 1994).

2.4.1. Efeito do estresse hídrico nas características fotossintéticas

O estresse hídrico afeta o processo fotossintético devido a efeitos estomáticos e não-estomáticos. O efeito estomático é um evento primário que leva a uma menor disponibilidade de CO₂ nos espaços intercelulares, reduzindo sua assimilação nos cloroplastos (FARIA et al., 1996). Os efeitos não-estomáticos estão relacionados às perturbações nos processos bioquímicos (redução na eficiência carboxilativa e atividade da RUBISCO e de outras enzimas do metabolismo fotossintético) (LU & ZHANG, 1999).

A redução da condutância estomática diminui a perda de água das folhas e restringe a entrada de CO₂ nestes órgãos, o que diminui a assimilação fotossintética de carbono. Segundo Chaves (1991), o estresse hídrico, além dos danos ao processo fotossintético mencionados, danifica o metabolismo do mesófilo, cuja resposta se torna progressivamente mais importante com a crescente limitação de água no tecido vegetal. A importância do estômato no mecanismo de perda de água e absorção de CO₂, dada a extrema sensibilidade desta estrutura, relaciona-se tanto ao estresse ambiental como a fatores fisiológicos internos. Quando a disponibilidade hídrica do solo é reduzida, os estômatos abrem-se menos ou até mesmo permanecem fechados, evitando a desidratação da planta (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Os efeitos não-estomáticos promovem a inibição direta dos processos bioquímicos e fotoquímicos, pela alteração das condições iônicas e osmóticas. Estas alterações afetam, por exemplo, a atividade da Rubisco e da ATP sintase (LAWLOR, 1995). A deficiência de CO₂, ATP ou RuBP e a inibição da Rubisco podem comprometer o ciclo de Calvin e o acúmulo do primeiro aceptor de elétrons, o NADPH.

2.4.2. A fluorescência da clorofila como indicativo de estresse

Segundo Meyer & Genty (1999), a fluorescência da clorofila *a* permite verificar a atividade do transporte de elétrons da fotossíntese da folha, fornecendo uma análise detalhada da inibição da fotossíntese induzida pelo estresse. A medida da fluorescência da clorofila *a* com a utilização de fluorímetro é uma importante ferramenta para o estudo do funcionamento

do maquinário fotossintético em resposta a vários estresses, incluindo o hídrico. A fluorescência da clorofila *a* informa sobre o estado do Fotossistema II (PSII). Esta medida pode mostrar a que ponto o PSII está utilizando a energia absorvida pela clorofila e a extensão que este está sendo danificado pelo excesso de luz (SCHREIBER, 1986; BJÖRKMAN & POWLES, 1984).

A relação da fluorescência variável com a fluorescência máxima (Fv/Fm) é uma medida da eficiência intrínseca ou máxima do PSII, ou seja, a eficiência quântica de todos os centros de reação do PSII quando estão abertos. O valor da relação Fv/Fm reflete a eficiência quântica potencial do PSII e é usado como indicador sensível da performance fotossintética da planta. A relação Fv/Fm pode variar numa faixa de 0,75 a 0,85 em plantas em condições ambientais ótimas. A diminuição da relação Fv/Fm é um excelente indicador de efeito fotoinibitório, quando as plantas estão submetidas a qualquer tipo de estresse, e pode representar tanto uma regulação fotoprotetora reversível ou uma inativação irreversível do PSII. O declínio da relação Fv/Fm é um bom indicador do dano fotoinibitório quando as plantas estão sujeitas a estresses do ambiente incluindo frio e seca (BJÖRKMAN & POWLES, 1984).

2.4.3. O papel da antocianina como agente fotoprotetor

As antocianinas fazem parte de um grupo de compostos denominado flavonóides que compreendem as flavonas, isoflavonas, flavonóis e as antocianinas. Estes diferentes tipos de flavonóides desempenham funções diversas nos vegetais, incluindo pigmentação e defesa.

O grupo mais comum dos flavonóides pigmentados consiste nas antocianinas, as quais são responsáveis pela maioria das cores vermelha, rosa, roxa e azul observadas nos vegetais. De acordo com Close & Beadle (2003), entre as funções ecofisiológicas das antocianinas destaca-se a proteção contra a luz visível e ultravioleta.

As antocianinas estão amplamente distribuídas nas células do mesofilo esponjoso e palissádico de muitas espécies de vegetais. Estas absorvem comprimentos de onda de luz na faixa de 400 a 600 nm, o que sugere que as antocianinas agem como filtros da luz visível. Durante a expansão foliar, a senescência e em resposta a estresse abióticos, ocorre a síntese de antocianina nas camadas epidérmicas das folhas. O requerimento para fotoproteção, quando as folhas são expostas a condições de alta intensidade luminosa, tem mostrado que as antocianinas possuem um papel fotoprotetor (CLOSE & BEADLE, 2003).

A análise da absorção de luz pela antocianina foliar, para uma grande variedade de espécies e estágios ontogênicos, em comprimentos de onda na faixa de 500 a 600 nm, tem indicado que a fotoproteção é o fator mais comum no requerimento para o acúmulo de antocianina. Sua distribuição interna nas folhas suporta esta conclusão (CLOSE, 2001).

As antocianinas absorvem luz no mesmo comprimento de onda da clorofila *b*, assim, reduz danos e leva a taxas fotossintéticas maiores em folhas vermelhas em comparação a das folhas verdes sob estresse por alta intensidade luminosa.

Condições de estresse, como o hídrico, predispõem as plantas a uma série de eventos que ultimamente levam à destruição do aparato fotossintético das folhas expostas. Este processo gera espécies reativas de oxigênio, e conseqüentemente, a formação de oxigênio singlete e triplete na captação de luz pelo complexo antena, quando a luz em excesso é absorvida, sendo o evento chave da destruição oxidativa. Sob condições ótimas ou de pouco estresse, as xantofilas podem contribuir com uma dissipação eficiente na forma de calor do excesso de energia. Um sistema antioxidante bem organizado pode também remover as formas reativas de oxigênio. Entretanto, estes mecanismos de defesa necessitam de uma eficiente regulação e a fotossíntese está envolvida neste mecanismo regulatório (CLOSE & BEADLE, 2003).

Sob condições severas de estresse, entretanto, a capacidade dos mecanismos protetores pode ser insuficiente. Uma estratégia eficiente de proteção sob estas condições de estresse pode ser a redução da quantidade de luz que chega aos cloroplastos, cujo mecanismo de defesa trabalha em atividade total por imprevisíveis durações de tempo. Uma interessante estratégia é o acúmulo de antocianina em caules e folhas. Sua síntese é determinada por fatores inerentes à fisiologia de cada espécie e aumenta em condições de baixa temperatura e alta intensidade de luz (GORTON & VOGELMANN, 1996).

O conhecimento do comportamento da planta forrageira em condições de estresse hídrico pode, portanto, ser de grande importância prática para auxiliar no entendimento dos efeitos do período seco na produção de forragem, possibilitando, assim, o uso de práticas de seleção e manejo que tornem possível a melhor utilização da pastagem durante esse período.

2.5. Composição bromatológica

O desempenho dos animais tanto da pecuária de leite como de corte provém da qualidade dos alimentos, no que se refere a volumosos e concentrados. Nesse contexto, destaca-se que a baixa produtividade do rebanho brasileiro se deve principalmente à deficiência nutricional. Para melhorar a produção nacional, estudos acerca da qualidade dos alimentos disponíveis são propostos, levando-se em conta a importância do uso de pastagens de elevada qualidade e potencial produtivo na alimentação do rebanho, favorecendo a expressão do potencial genético dos animais.

O conceito do termo “valor nutritivo” refere-se à composição química da forragem (GERDES et al., 2000), basicamente das porcentagens de proteína e de carboidratos e de suas disponibilidades em termos de nutrientes digestivos (SWIFT & SULLIVAN, 1970), e depende em grande parte do manejo da pastagem e da espécie e/ou categoria animal. O manejo deve visar a uma boa produção de forragem tanto em quantidade, quanto em qualidade, adotando-se práticas adequadas para este fim.

Com o decorrer do desenvolvimento vegetal, ocorre uma variação na composição e no valor nutritivo da planta forrageira. Gomide (1976) relatou que esta variação ocorre devido a uma série de fatores, entre os quais se destacam a idade da planta, fertilidade do solo, diferenças genéticas entre espécies e cultivares, estações do ano e sucessões de cortes.

Um dos fatores importantes na composição do valor nutritivo de uma forrageira é o seu teor de proteína bruta (PB), visto que talvez este seja o nutriente cujo teor caia com maior rapidez na gramínea forrageira. Segundo o “National Research Council” (1984), o teor mínimo de PB na matéria seca exigido pelos bovinos está na ordem de 7% para animais adultos e 11% para animais jovens. Teores de PB abaixo de 7% na dieta animal diminuem o consumo e a digestibilidade da fração fibrosa (MILFORD & MINSON, 1965). A PB das plantas forrageiras inclui tanto a proteína verdadeira quanto o nitrogênio não protéico. A proteína verdadeira, dependendo da maturidade da planta, pode representar até 70% da PB nas forragens verdes, ainda novas (HEATH et al., 1985).

Outro fator importante relacionado ao valor nutritivo é o teor de fibra das forrageiras. A fibra tem papel importantíssimo no balanceamento da dieta para ruminantes, os quais necessitam dela em níveis adequados para o funcionamento normal do rúmen e, no caso específico do leite, para a manutenção do seu teor de gordura (LUCCI, 1997). A fibra, além

de ser a principal fonte de energia, estimula a secreção salivar, facilita a movimentação do rúmen (peristaltismo) e a homogeneização do bolo alimentar.

De acordo com Mertens (1994), a fibra corresponde a um termo meramente nutricional e sua definição depende do método analítico utilizado para sua determinação, sendo considerada quimicamente um agregado de compostos e não uma entidade distinta. O principal método para sua quantificação é baseado em detergentes, em que a fração solúvel em detergente neutro é constituída de pectina, açúcares simples, amido, lipídeos e parte de compostos nitrogenados e minerais. A fração insolúvel em detergente neutro engloba a celulose, hemicelulose, lignina, parte dos compostos nitrogenados e os minerais associados a esses polímeros (VAN SOEST, 1994). Segundo Waldo (1986), a fibra em detergente neutro (FDN) é o componente da forragem mais consistentemente associado ao consumo, sendo seu teor normalmente utilizado para o cálculo do consumo de forragens.

A lignina é um composto não-carboidrato de alto peso molecular da parede celular vegetal que constitui uma classe diversa de compostos fenólicos. A lignina é essencial para o mecanismo de suporte de lâminas foliares e caules, fornecendo rigidez à parede celular vegetal. Atua também como barreira física contra pragas e doenças. Seu conteúdo aumenta com o avanço da maturidade das plantas, e fatores, como a espécie vegetal, temperatura, intensidade luminosa, disponibilidade de água, latitude e períodos de colheita, também afetam o seu conteúdo (BAURHOO, 2008).

Normalmente, a lignina é considerada um dos principais componentes responsáveis pela queda da digestibilidade dos nutrientes das plantas (VAN SOEST, 1994). Segundo Jung & Deetz (1993), a lignificação da parede celular pode limitar a digestão dos polissacarídeos pelo efeito tóxico de componentes da lignina aos microorganismos do rúmen, pelo impedimento físico causado pela ligação lignina-polissacarídeo, limitando o acesso das enzimas fibrolíticas ao centro de reação de um carboidrato específico e, por último, pela limitação da ação de enzimas hidrolíticas causada pela hidrofobicidade criada pelos polímeros de lignina.

O procedimento rotineiramente utilizado nas análises laboratoriais é conhecido por Lignina Klason ou Lignina em detergente ácido (LDA) e inclui ambos os métodos hidrolítico (ácido sulfúrico) e oxidativo (permanganato de potássio), nos quais a variante ácida sulfúrica da LDA é a mais popular (TEIXEIRA & ANDRADE, 2001).

2.6. Cinética de degradação ruminal e estimativa de consumo

A digestibilidade é um processo de conversão de macromoléculas do alimento para compostos simples que podem ser absorvidos a partir do trato gastrointestinal (COELHO DA SILVA & LEÃO, 1979). Em princípio, a digestibilidade potencial de todos os componentes da planta, exceto a lignina, é de 100%, contudo, a digestão completa nunca acontece devido às incrustações de hemicelulose e celulose pela lignina, a qual tem efeito protetor contra a ação dos microrganismos do rúmen (WHITEMAN, 1980).

Nos ruminantes, a associação entre o animal e os microrganismos do rúmen permite a utilização indireta de carboidratos estruturais, refratários à atuação das enzimas. Entretanto, a fração do alimento ingerido absorvida depende da velocidade em que é fermentada no rúmen e do tempo em que permanece susceptível ao ataque microbiano. Portanto, a fração efetivamente degradada é função das taxas de digestão e de passagem. Segundo Buttery (1977), a taxa e a extensão da digestão no rúmen dependem, entre outros fatores, da natureza e do teor dos constituintes da parede celular e da disponibilidade ruminal de nitrogênio. A baixa digestibilidade implica maior tempo de retenção da forragem no rúmen, promovendo limitações de consumo de ordem física. Cerca de 40 a 60% das variações de consumo entre as forrageiras podem ser atribuídas às diferenças na digestibilidade (REIS & RODRIGUES, 1993).

Nos sistemas de produção usuais em condições tropicais, os ruminantes obtêm a maioria dos nutrientes a partir de volumosos, porém, o nível de produção desejado nem sempre é conseguido. Daí a necessidade de melhor entendimento dos mecanismos que governam a digestão ruminal dos nutrientes consumidos (PEREIRA et al., 2007). Considerando os aspectos acima colocados, sugere-se que a avaliação dos componentes da parede celular e a determinação da taxa e da extensão de fermentação no rúmen constituam parâmetros importantes nos estudos do valor nutritivo de forragens, objetivando prever o consumo e o desempenho dos animais.

Segundo Sampaio (1997), o estudo da digestibilidade de uma forrageira propicia a comparação de diferentes forrageiras, considerando-se que as mais digestivas apresentarão melhor retorno econômico/produtivo pelos animais que as consumirem e também a formulação de modelos mecanicísticos que expressem progressiva e verdadeiramente o

fenômeno dinâmico da digestão, considerando os fatores circunstanciais inerentes ao alimento oferecido.

Das técnicas utilizadas para avaliar a qualidade dos alimentos, o experimento *in vivo* tem com objetivo caracterizar o real valor nutritivo, porém é muito dispendioso, já que necessita de grande quantidade de alimentos.

Técnicas de avaliação dos parâmetros cinéticos da degradação ruminal dos alimentos compreendem estudos sobre o desaparecimento da amostra incubada ou a quantificação dos produtos finais da atividade microbiana, durante o período de incubação com os microrganismos ruminais (PELL et al., 1994). A primeira é denominada técnica gravimétrica (*in situ* ou *in vitro*) e a segunda é conhecida como técnica metabólica, que avalia a produção cumulativa dos gases CO₂ e CH₄ (MALAFAIA et al., 1998).

As técnicas *in vitro* permitem compartimentalizar o aproveitamento do alimento em um estágio relacionado ao ambiente ruminal e em outro ligado à digestão pós-ruminal (MENKE 1979), entretanto, não consideram as condições comportamentais dos animais (SOARES, 2007).

A técnica *in situ* permite o contato íntimo do alimento-teste com o ambiente ruminal, não existindo melhor forma de simulação do ambiente ruminal para dado regime alimentar, embora o alimento não esteja submetido a todos os eventos digestivos, como mastigação, ruminação e passagem (NOCEK, 1988). Essa técnica requer a utilização de animais fistulados no rúmen, para que os sacos sejam incubados por determinados períodos de tempo. A determinação do valor nutritivo *in situ* permite obter valores mais próximos dos encontrados com os ensaios *in vivo*.

Com o objetivo de entender a cinética de degradação ruminal, Ørskov & McDonald (1979) desenvolveram um modelo de primeira ordem que pressupõe a existência de algumas frações na dieta. A primeira seria a fração que compreende os componentes rapidamente degradados (a), incluindo material solúvel e pequenas partículas indigestíveis que são lavadas dos sacos de náilon. A segunda fração constitui a porção insolúvel, mas potencialmente degradável (b), sendo que sua degradação pelos microrganismos ruminais obedece à cinética de primeira ordem. A última seria a fração indigerível (I), representada pelo resíduo que permanece no saco de náilon depois de longo tempo de incubação.

Entretanto, quando o alimento incubado no rúmen tratar-se de uma forrageira, a degradação não se inicia instantaneamente, sendo denominado tempo de colonização ou latência o período em que não ocorre digestão, ou acontece de forma muito reduzida. Dessa

forma, Mertens & Loften (1980) desenvolveram um modelo que utiliza a degradação da FDN para a determinação das estimativas dos parâmetros relativos à cinética de degradação ruminal dos carboidratos fibrosos, bem como, as taxas de degradação e passagem desses componentes, intimamente associados ao efeito de repleção ruminal, sendo este fator determinante do consumo.

Os modelos existentes para a predição de consumo em ruminantes foram delineados com base na hipótese de que o consumo voluntário é regulado por uma limitação física (capacidade de ingestão) e outra fisiológica (capacidade de assimilação) (PITTROFF & KOTHMANN, 2001 citados por SOARES et al., 2008). Dessa forma, as características de degradação das forragens foram consideradas na elaboração de vários modelos de predição de consumo. Orskov et al. (1988), Von Keyserling & Mathison (1989) e Shem et al. (1995) usaram a fração solúvel (a), potencialmente degradável (b) e a taxa de degradação da fração b (c) da degradação da MS determinadas pela equação proposta por Orskov & McDonald (1979) para predizer o consumo. Entretanto, esse método apresenta limitações pelo fato de alguns alimentos não se adequarem aos padrões de degradação sugeridos por este modelo. Posteriormente, Madsen et al. (1997) desenvolveram um método com o objetivo de estimar o consumo utilizando o enchimento físico do rúmen. Como o enchimento do rúmen está relacionado, principalmente à fração fibrosa do alimento, as variáveis de degradação e a taxa de passagem são influenciadas pelo teor de FDN da forrageira.

Entretanto, segundo Soares et al. (2008), ainda são necessários estudos relativos à predição do consumo de MS, utilizando parâmetros de degradação da MS e da FDN, visto que não consideram fatores relacionados à forma física do alimento, os efeitos das taxas de redução das partículas, bem como, utilizam valores de consumo de FDN e enchimento físico máximo de vacas em lactação abaixo dos valores reais observados para forrageiras tropicais.

3. LITERATURA CITADA

- AGUIAR, E.M.; BEZERRA NETO, E.; DANTAS, J.A. Efeito da adubação nitrogenada na composição bromatológica do capim-elefante cv. Mott em dois tipos de solos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002.
- ALMEIDA, E.X.; MARASCHIN, G.E.; HARTHMANN, O.E.L.; et al. Oferta de forragem de capim-elefante anão “Mott” e a dinâmica da pastagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.5, p.1281-1287, 2000.
- ANDRADE, I.F.; GOMIDE, J.A. Curva de crescimento e valor nutritivo de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) cv. Taiwan A-146. **Revista Ceres**, v.18, p. 431-47, 1971.
- ANDRADE, R.P.; VILAS BOAS, H.D.; SILVEIRA, G.C.; et al. A parceria Embrapa-Unipastos e seu impacto na pesquisa e desenvolvimento de pastagens tropicais do Brasil, 2004. Disponível em: <<http://www.cnpgl.embrapa.br>>. Acesso em 10 jun 2007.
- BAURHOO, B.; RUIZ-FERIA, C.A.; ZHAO, X. Purified lignin: Nutritional and health impacts on farm animals - A review. **Animal Feed Science and Technology**, v.144, p.175-184, 2008.
- BJÖRKMAN, O.; POWLES, S.B. Inhibition of photosynthetic reactions under water stress: interaction with light level. **Planta**, v.161, p.490-504, 1984.
- BOGDAN, A.V. **Tropical pastures and fodder crops**. Longman: New York, 1977. 475p.
- BRUNKEN, J.A. A systematic survey of *Pennisetum* sect. *Pennisetum* (Graminae). **American Journal of Botany**, v.64, p.161-176, 1977.
- BUXTON, D.R.; FALES, S.L. **Plant environment and quality**. In: FAHEY JR.; G.C. (ed.) Forage quality, evaluation and utilization. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.155-199.
- BUTTERY, P.J. **Aspects of the biochemistry of the rumen fermentation and their implicaton in ruminant productivity**. In: Recent advances in animal nutrition. London: Butterworths, 1977. p.8-24.

- CÂNDIDO, M.J.D.; ALEXANDRINO, E.; GOMIDE, J.A. Duração do período de descanso e crescimento do dossel de *Panicum maximum* cv. mombaça sob lotação intermitente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.398-405, 2005.
- CARVALHO, L. de A. *Pennisetum purpureum*, Schumacher; revisão. Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL. Boletim de Pesquisa, 10., 1985. 86 p.
- CHAVES, M.M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, v.42, p.1-16, 1991.
- CLOSE, D. C. **Cold-induced photoinhibition, pigment chemistry, growth and nutrition of Eucalyptus nitens and E. globulus seedlings during establishment**. Ph.D. diss., University of Tasmania. 2001.
- CLOSE, D.C.; BEADLE, C.L. The Ecophysiology of Foliar Anthocyanin. **The Botanical Review**, v.69, n.2, p.149–161, 2003.
- COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livrocere, 1979. 380p.
- DERESZ, F. & MOZZER, O.L. Produção de leite em pastagem de capim-elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE, 1., 1990, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1990. p.155-172.
- FARIA, V.P. de Evolução do uso do capim-elefante: uma visão histórica. In: Peixoto, A.M., MOURA, J.C. de, FARIA, V.P. Simpósio Manejo da Pastagem, 10., **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1992. 329 p.
- FARIA, T.; GARCIA-PLAZAOLA, J.I.; ABADIA, A.; et al. Diurnal changes in photoprotective mechanisms in leaves of cork oak (*Quercus suber*) during summer. **Tree Physiology**, v.16, p.115-123, 1996.
- GERDES, L.; WERNER, J.C.; COLOZZA, M.T.; et al. Avaliação de características de valor nutritivo das gramíneas forrageiras Marandu, Setária e Tanzânia nas estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.955-963, 2000.
- GOMIDE, J.A. Composição mineral de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE PESQUISA EM NUTRIÇÃO MINERAL DE RUMINANTES EM PASTAGENS, 1., 1976, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: EPAMIG, p.20-33.

- GORTON, H.L.; VOGELMANN, T.C. Effects of epidermal cell shape and pigmentation on optical properties of *Antirrhinum* petals at visible and ultraviolet wavelengths. **Plant Physiology**, v.112, p.879-888, 1996.
- HEATH, M.E.; BARNES, R.F.; METCALFE, D.S. Forage, the science of grassland agriculture. 4.ed. Iowa: Iowa State Univ. Press, 1985. 643p.
- JACQUES, A.V.A. **Caracteres morfofisiológicos e suas implicações com o manejo.** In: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F.; et al. (eds.) Capim-elefante: produção e utilização. Coronel Pacheco, MG: EMBRAPA-CNPGL, 1994. p. 31-47.
- JANK, L. Melhoramento e seleção de variedades de *Panicum maximum*. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; e FARIA, V.P. (eds.) In: Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 12., Piracicaba. **Anais...** FEALQ. Piracicaba. 1995. p.21-58.
- JUNG, H.G.; DEETEZ, D.A. **Cell wall lignification and degradability.** In: JUNG, H.G.; BUXTON, D.R.; HATIFIELD, R.D.; et al. (ed.). Forage cell wall structure and digestibility. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 1993. p.315-346.
- KRAMER, P. **Water relations of plants.** New York: Academic Press, 1983. 489p.
- LAWLOR, D.W. Photosynthetic, productivity and environmental. **Journal of Experimental Botany**, v.46, p.1449-1461, 1995.
- LOPES, F.C.F.; DERESZ, F.; RODRIGUEZ, N.M.; et al. Disponibilidade e perdas de matéria seca em pastagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schumack) submetida a diferentes períodos de descanso. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n.4, 2003.
- LUCCI, C.S. **Nutrição e manejo de bovinos leiteiros.** 1ed. São Paulo: Manole Ltda, 1997. 169 p.
- LU, C.; ZHANG, J. Effects of water stress on photosystem II photochemistry and its thermostability in wheat plants. **Journal of Experimental Botany**, v.50, n.336, p.1199-1206, 1999.
- MADSEN, J.; HVELPLUND, T.; WEISBJERG, M.R. Appropriate methods for evaluation of tropical feeds for ruminants. **Animal Feed Science**, v.69, n.2, p.53-66, 1997.

- MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S.C.; VIEIRA, R.A.M.; et al. Cinética ruminal de alguns alimentos investigada por técnicas gravimétricas e metabólicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p.370-380, 1998.
- MENKE, K.H.; RAAB, L.; SALENWSKI, A.; et al. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. **Journal of Agriculture Science**, v.93, n.1, p.217-223, 1979.
- MERTENS, D.R. **Regulation of forage intake**. In: FAHEY JR., G.C. (ed.) Forage quality, evaluation and utilization. Winsconsin: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.
- MEYER, S.; GENTY, B. Heterogeneous inhibition of photosynthesis over the leaf surface of *Rosa rubiginosa* L. during water stress and abscisic acid treatment: induction of a metabolic component by limitation of CO₂ diffusion. **Planta**, v.210, p.126-131, 1999.
- MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion in vitro. **Journal Dairy Science**, v.63, p.1437-1446, 1980.
- MOTT, G.O. Carrying capacity and live weight gains from dwarf elephant-grass. In: FLORIDA BEEF CATTLE SHORT COURSE PRACTICE, 1., 1984, Gainesville. **Anais...** Gainesville: 1984, p.111-114.
- MILFORD, R.; MINSON, D.J. Intake of tropical pasture species. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 9., 1965, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBZ, 1965. p.815-822.
- NABINGER, C. Princípios da exploração intensiva de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 13., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1997. p.15-95.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Committee on Animal Nutrition**. Nutrient requirements of dairy cattle. 6.ed. Washington, D.C.: National Academy of Science. 1984. 90p.
- NOCEK, J.E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal Dairy Science**, v.71, n.8, p.2051-2069, 1988.
- NORMAN, M.J.T.; PEARSON, C.J.; SEARLE, P.G.E. **The ecology of tropical food crops**. Cambridge University Press. Cambridge. 1995.

- ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal Agriculture Science**, v.92, p.499-503, 1979.
- OTERO, J.R. **Informações sobre algumas plantas forrageiras**. 2 ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Serviço de Informação Agrícola, série didática, 1961. v.11, 334p.
- PASSOS, L.P. Estado do conhecimento sobre a fisiologia do capim-elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE, 2., 1994, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1994. p.12-56.
- PELL. A.N.; SCHOFIELD, P.; STONE, W.C. Rates of digestion of feeds measured in vitro with computers. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE, 1994, Ithaca. **Anais...** Cornell, 1994. p.74-81.
- PEREIRA, A.V. Avanços no melhoramento genético de gramíneas forrageiras tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. p.19-41.
- PEREIRA, A.V.; VALLE, C.B.; FERREIRA, R.P.; et al. **Melhoramento de forrageiras tropicais**. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S.; et al. (eds.). Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas. Rondonópolis, 2001. p. 549-601.
- PEREIRA, A.V.; FERREIRA, R.P. Genética e melhoramento do capim-elefante. **Informe Agropecuário**, v.19, n.192, p.17-21, 1998.
- PEREIRA, A.V. Germoplasma e diversidade genética do capim-elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE, 2., 1994, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1994. p. 1-11.
- PEREIRA, A.V.; MARTINS, C.E.; CRUZ FILHO, A.B.; et al. Pioneiro – Nova cultivar de capim-elefante para pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.102-104.
- PEREIRA, O.G.; SOUZA, V.G.; VALADARES FILHO, S.C.; et al. Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em bovinos de corte alimentados com dietas contendo silagem de sorgo e pré-secado de capim-tifton 85. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.2143-2151, 2007 (supl.).

- REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A. **Valor nutritivo de plantas forrageiras**. Jaboticabal: Fundação para o ensino e pesquisa, 1993. 26p.
- RODRIGUES, L.R. de A.; PEDREIRA, J.V.S.; MATTOS, H.B. de. **Adaptação ecológica de algumas plantas forrageiras**. Nova Odessa: Zootecnia, v.13, n.4, p.201-218, 1975.
- RUIZ, T.M.; SANCHEZ, W.K.; STAPLES, C.R. Comparasion of “Mott’ dwarf elephantgrass silage and corn silage for lacting dairy cows. **Journal Dairy Science**, v.75, p.533-543, 1991.
- SAMPAIO, I.B.M. Métodos estatísticos aplicados à determinação da digestibilidade *in situ*. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES. (TEIXEIRA, J.C. ed.). Lavras: UFLA FAEPE, p.165-178, 1997.
- SANTANA, J.R. de; PEREIRA, J.M.; RUIZ, M.A.M. Avaliação de cultivarres de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), no sudoeste da Bahia. II – Agrossistema de Itapetinga. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.4, p.507-517, 1994.
- SCHREIBER, U. **Detection of rapid induction kinetics with a new type of high-frequency modulated chlorophyll fluorometer**. In: Current Topics in Photosynthesis (Eds: Amesz, J.; Hoff, A.J.; Van Gorkum, H.J.), 1986. p.261-272.
- SHEM, M.N.; ØRSKOV, E.R.; KIMAMBO, A.E. Prediction of voluntary dry-matter intake, digestible dry-matter intake and growth rate of cattle from degradation characteristics. **Journal Animal Science**, v.60, n.1, p.65-74, 1995.
- SILVA, M.M.P.; MALDONADO, H.V.; SILVA, J.F.C.; et al. Composição bromatológica, disponibilidade de forragem e índice de área foliar de 17 genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) sob pastejo, em Campos dos Goytacazes,RJ. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.313-320, 2002.
- SOARES, A.P.M. **Ajuste do modelo de Orskov & Mcdonld (1979) a dados de degradação ruminal in situ utilizando mínimos quadrados ponderados**. Piracicaba: Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007. 62p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - ESALQ, 2007.
- SOARES, J.P.G.; BERCHIELLI, T.T.; SALMAN, A.K.D.; et al. Comparações entre equações de predição de consumo de capim-elefante cortado para vacas lactantes. **Archivos de Zootecnia**, v.57, n.218, p.235-246, 2008.

- SWIFT, R.W.; SULLIVAN, E.F. **Comparación y valor nutritivo de las forrages**. In: Mexico: HUGUES, H. D.; HEALTH, M. Z.; METCALF, D.S. (eds), 1970. p.59-69.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Tradução de Eliane Romanato Santarém; et al. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- TEIXEIRA, J.C.; ANDRADE, G.A. Carboidrato na alimentação de Ruminantes. In: SIMPOSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 2., 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2001. v.1. p.165-210.
- VALLE, C.B. 2001. Genetic resources for tropical areas: achievements and perspectives. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., São Pedro. Anais... São Pedro: FEALQ.. CD-ROM.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Cornell University, 1994. p. 475.
- VEIGA, J.B. Utilização do capim-elefante sob pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE, 1., 1990, Coronel Pacheco. **Anais...** Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL, 1990. p.133-154.
- VEIGA, J.B.; MOTT, G.O.; RODRIGUES, L.R.A.; et al. Capim-elefante anão sob pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, n.8, p.929-936, 1985.
- VOISIN, A. **Produtividade do pasto**. 2 ed. São Paulo: Mestre Jou, 1981. 518p.
- VON KEYSERLINGK, M.A.G.; MATHISON, G.W. Use of the in situ technique and passage rate constants in predicting voluntary intake and apparent digestibility of forrages by steers. **Canadian Journal of Animal Science**, v.69, n.5, p.973-987, 1989.
- WALDO, D.R. Effect of forage quality on intake and forage-concentrate interactions. **Journal Dairy Science**, v.69, p.617, 1986.
- WHITEMAN, P. C. **Tropical pasture science**. New York: Oxford University Press, 1980. 392p.
- XAVIER, D.F.; DAHER, R.F.; BOTREL, M.A.; et al. Poder germinativo de capim-elefante. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.4, p.565-571, 1993.

YAMAGUCHI, L.C.T. **Retorno do capital imobilizado na produção de leite em regime de pastejo rotativo de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum).** In: Capim-Elefante: Produção e Utilização. Coronel Pacheco, MG: EMBRAPA, CNPGL, 1994. p.217-227.

TRABALHOS

Os trabalhos a seguir foram desenvolvidos de acordo com as normas para preparação de trabalhos científicos da Revista Brasileira de Zootecnia.

1 **Produção de matéria seca e composição bromatológica de genótipos de**
2 **capim-elefante anão em diferentes intervalos de corte**

3
4
5
6
7 **Resumo** - Foi realizado um experimento para avaliar a incidência de pragas e
8 doenças, bem como, a taxa de acúmulo de matéria seca (TAMS) e os teores de proteína
9 bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e lignina em ácido sulfúrico (LAS) de
10 genótipos de capim-elefante anão submetidos a diferentes intervalos de corte. O
11 delineamento experimental foi o de blocos casualizados com três repetições. Foram
12 avaliados cinco genótipos de capim-elefante anão (CNPGL 00-1-3, CNPGL 94-34-3,
13 CNPGL 92-198-7, CNPGL 92-117-3 e CNPGL 00-1-5) e a cv. Mott em seis intervalos
14 de corte (14, 28, 42, 56, 70 e 84 dias). Os genótipos CNPGL 92-117-3 e CNPGL 00-1-5
15 apresentaram elevada susceptibilidade a pragas e doenças. O genótipo CNPGL 00-1-3,
16 considerado de porte intermediário, apresentou maior TAMS, entretanto, entre os
17 demais genótipos de porte baixo, destacaram-se os genótipos CNPGL 92-198-7, Mott,
18 CNPGL 94-34-3 e CNPGL 92-177-3. Quanto ao teor de PB, o genótipo CNPGL 00-1-3
19 e CNPGL 00-1-5 apresentaram comportamento linear e os demais genótipos
20 apresentaram comportamento quadrático. O teor de FDN apresentou variação
21 significativa em função dos intervalos de corte apenas para os genótipos CNPGL 00-1-3
22 e CNPGL 92-198-7. Houve interação entre genótipos e intervalos de corte para os
23 valores de LAS somente para os genótipos CNPGL 00-1-3, CNPGL 92-198-7 e CNPGL
24 92-117-3. Os genótipos CNPGL 92-198-7 e CNPGL 94-34-3 foram selecionados para a
25 fase de avaliação em sistema de pastejo.

26
27 Palavras-chave: avaliação e seleção de forrageiras, intervalo de corte, produtividade,
28 valor nutritivo

29
30
31
32
33
34

1 **Dry matter production and chemical composition of dwarf elephantgrass**
2 **genotypes in different cutting intervals**

3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33

Abstract - The experiment was carried to evaluate the incidence of pests and diseases, dry mater accumulation rate (DMAR) and levels of crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and sulfuric acid lignin (SAL) in dwarf elephant grass genotypes submitted the different cutting intervals. The experimental design was a randomized block with three replicates. Were evaluated five genotypes of dwarf elephant grass (CNPGL 00-1-3, CNPGL 94-34-3, CNPGL 92-198-7, CNPGL 92-117-3, CNPGL 00-1-5) and cv. Mott in six cutting intervals (14, 28, 42, 56, 70 and 84 days). The genotypes CNPGL 92-117-3 and CNPGL 00-1-5 had high susceptibility to pests and diseases. The genotype CNPGL 00-1-3 showed higher DMAR, however, among other dwarf genotypes, those who stood out were the genotypes CNPGL 92-198-7, Mott, CNPGL 94-34-3 and CNPGL 92-117-3. As for protein level, the CNPGL 00-1-3 and CNPGL 00-1-5 genotype showed linear behavior and the other genotypes showed quadratic behavior. The level of NDF showed significant variation depending on the cutting intervals only for the genotypes CNPGL 00-1-3 and CNPGL 92-198-7. There was an interaction among genotypes and cutting intervals for the values of SAL only for the CNPGL 00-1-3, CNPGL 92-198-7 and CNPGL 92-117-3. Genotypes CNPGL 92-198-7 and CNPGL 94-34-3 were selected, together with the Mott genotype for the evaluation phase under grassing.

Key words: cutting intervals, evaluation and selection of forage, nutritional value,
production

INTRODUÇÃO

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

A espécie *Pennisetum purpureum* Schum. apresenta genótipos com grande variabilidade genética, diferenciando-se por características morfológicas, reprodutivas, agronômicas e bioquímicas. Dentre os diferentes genótipos que compõem o germoplasma de capim-elefante, os de porte baixo (anão) têm despertado elevado interesse nos sistemas de pastejo. O capim-elefante anão foi primeiramente descoberto nos anos de 1940, e a cv. Mott foi selecionada em 1977, de uma progênie autofecundada da cultivar Merkeron, na Geórgia (EUA). A cv. Mott é a representante mais importante do grupo, podendo atingir uma altura máxima de 1,8 m, forma touceira densa com alta relação folha/colmo, refletindo em um elevado valor nutritivo.

Segundo Almeida et al. (2000), esta cultivar foi introduzida no Brasil a partir da década de 80, sendo que, entre os escassos trabalhos de pesquisa realizados com esta forrageira sob pastejo, poucos têm sido efetuados no país. Mott (1984) relatou que o capim-elefante anão cv. Mott tem capacidade de produção sob pastejo de 1,0 kg de ganho médio diário.

Segundo Veiga (1990), o sucesso dessa gramínea deve basear-se na manutenção do maior número possível de pontos de rebrota, por onde se dará o acúmulo de forragem; na otimização da qualidade da forragem produzida, mantendo a rebrota nos limites de alcance dos animais e em densidade adequada; e na garantia de que o manejo não comprometa a persistência da pastagem. A adoção conjunta de tecnologias tem possibilitado atender a essas premissas e, assim, promover o uso eficiente da pastagem de capim-elefante anão, garantindo aumento em produtividade e redução nos custos de produção (Lopes et al., 2003).

1 O solo da área experimental é classificado como um Latossolo Amarelo
2 Distrófico Típico (EMBRAPA, 2006), apresentando a seguinte composição química:
3 pH de 5,5; P e K iguais a 4 e 36 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, respectivamente; Ca + Mg e Al iguais
4 respectivamente a 2,2 e 0,2 $\text{cmol}_c\cdot\text{dm}^{-3}$. Foi realizada a calagem do solo utilizando-se
5 1,0 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de calcário dolomítico PRNT 96%, com o objetivo de elevar a saturação por
6 bases a 60%.

7 A área experimental correspondeu a aproximadamente 1.600 m^2 , na qual cada
8 parcela foi constituída por um genótipo, com uma área de 72 m^2 , enquanto a subparcela
9 correspondeu aos intervalos de corte com 12 m^2 .

10 Os genótipos de capim-elefante anão foram obtidos pelo programa de
11 melhoramento genético de capim-elefante da EMBRAPA Gado de Leite: CNPGL 00-1-
12 3, CNPGL 94-34-3, CNPGL 92-198-7, CNPGL 92-117-3, CNPGL 00-1-5 e a cv. Mott.

13 O plantio foi realizado por meio de mudas, sendo que cada subparcela foi
14 composta por quatro fileiras de três metros de comprimento com espaçamento entre si
15 de um metro. Para efeito da unidade de amostragem foi desprezado um metro de cada
16 extremidade e uma fileira em cada lateral, obtendo-se, assim, uma área de amostragem
17 de 1 m^2 .

18 O corte de uniformização foi feito a 30 cm de solo e 60 dias após o plantio. A
19 adubação foi realizada de acordo com os resultados de análise do solo e também em
20 concordância com as recomendações da EMBRAPA Gado de Leite: aplicação de 100
21 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 (superfosfato simples) no momento do plantio. A adubação de cobertura
22 com nitrogênio e potássio foi realizada em três aplicações de mesma quantidade nos
23 meses de janeiro, março e dezembro de 2005, perfazendo um total de 200 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N
24 na forma de uréia e 200 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de K_2O na forma de cloreto de potássio. O experimento
25 foi desenvolvido durante o período das chuvas (seis meses) do ano de 2005.

1 **Tabela 1:** Precipitação pluviométrica (mm), temperaturas médias mensais, médias das
 2 máximas e mínimas (°C) e umidade relativa do ar (%) durante o período experimental.
 3

Mês/Ano	Precipitação	Temperatura			Umidade relativa do ar		
		Méd.	Máx.	Min.	Méd.	Máx.	Min.
Jan./2005	224,0	25,2	30,4	21,8	81,9	99,1	54,2
Fev./2005	58,8	25,2	31,3	21,1	78,5	99,7	45,9
Mar./2005	159,7	25,4	31,2	21,8	82,6	99,6	51,9
Out./2005	38,6	24,0	29,9	20,0	78,0	98,9	47,0
Nov./2005	219,1	22,7	27,2	19,6	83,8	99,2	57,8
Dez./2005	250,8	23,8	28,6	20,1	80,3	99,6	54,8

4 Fonte: Estação Meteorológica PESAGRO - Campos dos Goytacazes/RJ

5

6 A incidência de pragas e doenças foi avaliada por meio de notas variando de 1 a 5,
 7 de acordo com o percentual de incidência estimado visualmente na unidade de
 8 amostragem, conforme a tabela abaixo.

9 **Tabela 2:** Escala para verificação de pragas e doenças nos genótipos de capim-elefante
 10 ano.

Escala	% de incidência	Nota
Muito suscetível	Mais de 50%	1
Suscetível	20-50%	2
Moderadamente resistente	5-20%	3
Resistente	5%	4
Muito resistente	Menos de 5%	5

11

12 As características morfológicas de crescimento foram avaliadas para a
 13 caracterização dos genótipos, utilizando-se o maior intervalo de corte (84 dias). Quanto
 14 à altura da planta, as medidas foram obtidas a partir do nível do solo à altura de
 15 curvatura das folhas superiores, com o auxílio de uma régua graduada a uma distância
 16 de aproximadamente 5 m do observador. Para a avaliação do diâmetro do colmo e do

1 número de folhas, foram selecionados cinco perfilhos principais por unidade de
2 amostragem. O diâmetro do colmo foi determinado no segundo entre-nó dos perfilhos
3 pré-selecionados. O número de folhas por perfilho foi determinado após a separação do
4 caule e lâmina foliar verde para a determinação da relação folha/colmo. O número de
5 perfilhos foi determinado pela contagem na unidade de amostragem, ou seja, por metro
6 quadrado.

7 A taxa de acúmulo de matéria seca (TAMS) foi obtida pelo somatório da
8 produção de cada corte, como segue: intervalos de 14 dias (12 cortes), 28 dias (6
9 cortes), 42 dias (4 cortes), 56 dias (3 cortes), 70 dias (2 cortes) e 84 dias (2 cortes).

10 O teor de matéria seca foi determinado pela pesagem do material verde no campo;
11 posteriormente, uma amostra deste material de aproximadamente 1 kg foi pesada e
12 colocada em estufa ventilada a 55°C durante 72 horas, e novamente pesada.

13 O nitrogênio total da forragem foi determinado pelo método de Kjeldhal, e os
14 teores de FDN e LAS, segundo metodologia desenvolvida por Van Soest (1965), ambos
15 os métodos descritos por Silva (1990).

16 O delineamento experimental utilizado para as características morfológicas foi de
17 blocos casualizados com três repetições e seis tratamentos, constituídos por cinco
18 genótipos de capim-elefante anão e pela cultivar Mott.

19 Os parâmetros quantitativos e qualitativos foram avaliados em intervalos de corte
20 de 14, 28, 42, 56, 70 e 84 dias, gerando um esquema em parcelas subdivididas, sendo os
21 genótipos alocados nas parcelas e os intervalos de corte nas subparcelas.

22 Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias dos genótipos
23 foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Foi utilizada a análise de
24 regressão para avaliar o efeito dos intervalos de corte e para o desdobramento da
25 interação genótipo x intervalo de corte.

1 O modelo estatístico utilizado foi:

2

$$3 Y_{ijk} = \mu + B_i + G_j + e_{ij} + I_k + GI_{jk} + e_{ijk}$$

4

5 Y_{ijk} = observação relativa ao bloco i, genótipo j, intervalo de corte k;

6 μ = média geral;

7 B_i = efeito do bloco $i=(1,2,3)$;

8 G_j = efeito dos genótipos, $j=(1,2,3, \dots,6)$;

9 e_{ij} = efeito do erro aleatório da parcela NID ($0, \sigma_p^2$);

10 I_k = efeito dos intervalos de corte, $k=(1,2,3,\dots,6)$;

11 GI_{jk} = efeito da interação genótipos x intervalos de cortes;

12 e_{ijk} = efeito do erro da subparcela NID ($0, \sigma_{sp}^2$).

13

14 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

15

16 O genótipo CNPGL 00-1-3 apresentou a maior altura de dossel, diâmetro de
17 colmo e menor perfilhamento, sendo considerado de porte intermediário, podendo ser
18 utilizado em condições de capineira e não de pastejo. O genótipo CNPGL 94-34-3 e a
19 cv. Mott apresentaram elevado número de perfilhos e relação folha-colmo. Os demais
20 genótipos, apesar de não se destacarem em função de determinado parâmetro
21 morfológico, apresentaram um conjunto de características morfológicas de interesse
22 para sua utilização em pastejo (Tabela 3).

1 **Tabela 3:** Altura do dossel (AD), índice de área foliar (IAF), diâmetro do colmo (DC),
 2 número de perfilhos (NP), relação folha-colmo (F/C) e número de folhas expandidas
 3 (NF) de genótipos de capim-elefante anão aos 84 dias de intervalo de corte.

	AD (cm)	IAF	DC (cm)	NP	F/C	NF
Mott	115,83 c	4,03 b	1,46 b	115,3 a	3,2 a	7,3 a
00-1-3	206,17 a	8,02 ab	1,90 a	65,3 b	1,0 bc	6,3 b
94-34-3	110,33 c	7,73 ab	1,56 b	126,6 a	3,6 a	9,0 a
92-198-7	168,50 b	8,93 ab	1,33 b	67,3 b	1,4 b	6,3 b
92-117-3	102,17 c	6,79 b	1,40 b	116,7 a	1,4 b	8,3 a
00-1-5	96,33 c	5,38 b	1,43 b	98,0 ab	1,6 b	6,4 b
CV (%)	7,6	23,0	9,3	15,8	26,2	9,2

4 Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de
 5 probabilidade.

6

7 Entretanto, quando analisada a incidência de pragas, principalmente lagartas e
 8 doenças (helmintosporiose), os genótipos CNPGL 92-117-3 e CNPGL 00-1-5
 9 apresentaram maior vulnerabilidade. Nas etapas iniciais de avaliação e seleção de
 10 genótipos, dá-se grande importância à susceptibilidade de pragas e doenças, podendo
 11 levar ao processo de exclusão dos genótipos pouco resistentes. Os demais genótipos e a
 12 cv. Mott apresentaram baixa incidência de pragas e doenças (Tabela 4).

13

14 **Tabela 4:** Porcentagem de incidência de pragas e doenças em genótipos de capim-
 15 elefante anão determinada mediante estimativa visual.

Genótipos	Notas para pragas	% de incidência	Notas para doenças	% de incidência
Mott	5	menos de 5	5	menos de 5
CNPGL 00-1-3	4	5-10	5	menos de 5
CNPGL 94-34-3	3	10-20	4	5-10
CNPGL 92-198-7	4	5-10	5	menos de 5
CNPGL 92-117-3	2	20-50	1	mais de 50
CNPGL 00-1-5	2	20-50	1	mais de 50

1 Em relação à produtividade, houve interação de genótipos e intervalos de corte
 2 (Tabela 5). As TAMS médias observadas foram de 276,2; 210,3; 185,8; 168,3; 162,5;
 3 149,9 kg.ha.dia⁻¹ de MS para os genótipos CNPGL 00-1-3, CNPGL 92-198-7, Mott,
 4 CNPGL 94-34-3, CNPGL 92-117-3 e CNPGL 00-1-5, respectivamente.

5 O genótipo CNPGL 00-1-3 apresentou maior TAMS em relação à dos demais
 6 genótipos a partir de 56 dias, o que pode ser explicado pelo seu maior porte, conferindo-
 7 lhe maior proporção de colmo nas idades mais avançadas (Tabela 3). Entretanto, entre
 8 os demais genótipos de porte baixo, aqueles que se destacaram de maneira geral em
 9 relação à TAMS foram os genótipos CNPGL 92-198-7, Mott, CNPGL 94-34-3 e
 10 CNPGL 92-117-3, respectivamente. O genótipo CNPGL 00-1-5 apresentou menor
 11 TAMS para quase todas as interações avaliadas. Este fato provavelmente ocorreu
 12 devido à sua alta susceptibilidade ao ataque de pragas e doenças (Tabela 4). A cv. Mott
 13 e o genótipo CNPGL 92-198-7 apresentaram valores de TAMS que melhor se ajustaram
 14 ao modelo quadrático de regressão, enquanto os demais genótipos se ajustaram ao
 15 modelo linear (Tabela 5).

16

17 **Tabela 5:** Taxa de acúmulo de matéria seca (kg.ha.dia⁻¹) de genótipos de capim-
 18 elefante anão submetidos a intervalos de corte.

Genótipos	Intervalos de corte						Equação de Regressão	R ²
	14	28	42	56	70	84		
Mott	121,1	160,0	225,6	189,9	193,5	224,7	$y = -0,0261x^2 + 3,7474x + 79,77$	0,73
00-1-3	142,7	186,1	211,2	331,2	340,1	445,5	$y = 4,2776x + 66,53$	0,95
94-34-3	151,3	154,2	170,1	165,9	177,4	191,1	$y = 0,5396x + 141,89$	0,91
92-198-7	149,0	168,9	189,1	177,3	238,3	339,1	$y = 0,0517x^2 - 2,7281x + 190,21$	0,93
92-117-3	103,2	129,7	178,7	164,0	192,2	207,0	$y = 1,4118x + 93,287$	0,88
00-1-5	123,6	122,3	156,1	148,2	161,1	187,9	$y = 0,8776x + 106,87$	0,86

19

20 Almeida et al. (2000), trabalhando com a cv. Mott em diferentes ofertas de
 21 forragem, obtiveram taxa de acúmulo de matéria seca que variaram de 52,9 a 70,4

1 kg.ha.dia⁻¹, utilizando o período de descanso de 28 dias. Considerando-se que as perdas
2 decorrentes da ação do animal na pastagem são de 20-30%, pode-se concluir que os
3 dados destes autores foram inferiores aos do presente experimento.

4 Santos et al. (2004), avaliando *Panicum maximum* cv. Mombaça em sistema de
5 pastejo entre outubro de 1995 e abril de 1996, verificaram taxas de acúmulo de matéria
6 seca aos 28 dias de descanso entre 130 e 190 kg.ha.dia⁻¹. Entretanto, estes autores
7 utilizaram doses de adubação nitrogenada superiores às deste experimento (400 kg.ha⁻¹).

8 Santos et al. (2003) avaliaram a produtividade dos capins Pioneiro, Mott,
9 Mombaça, Tanzânia e Marandu em intervalos de corte de 35 dias e encontraram
10 melhores resultados com a cv. Pioneiro. No entanto, as TAMS encontradas foram de
11 210,0; 150,8; 160,8; 149,4 e 157,1 kg.ha.dia⁻¹, respectivamente para as forrageiras
12 supracitadas. Tais resultados corroboram com os encontrados neste trabalho,
13 considerando o acúmulo de massa obtido entre 28 e 42 dias de intervalo de corte.

14 Deresz (2001) observou que a produção de matéria seca de capim-elefante de
15 porte alto, para os períodos de descanso de 30, 36 e 45 dias foi de 11.460 12.803 14.190
16 kg/ha, respectivamente. Estes valores foram inferiores aos observados neste
17 experimento, independentemente do genótipo e do intervalo de corte. A provável
18 explicação é devido à ação do pisoteio dos animais sob a pastagem, o que não aconteceu
19 no presente experimento. Outra explicação diz respeito à maior adaptação de genótipos
20 de porte baixo à desfolhação, quando comparadas às das forrageiras de porte alto, que
21 são mais prejudicadas pela eliminação do meristema apical.

22 É importante salientar que os dados observados neste experimento foram
23 superiores aos obtidos por diversos autores com a cv. Mott, como os de Veiga (1983),
24 Souza Filho (1987) e Thiago et al. (1992), evidenciando a adaptabilidade e o elevado
25 potencial produtivo destes genótipos para a região Norte Fluminense.

1 O teor de proteína bruta também mostrou interação significativa dos genótipos
 2 com os intervalos de corte (Tabela 6). Os genótipos CNPGL 00-1-3 e CNPGL 00-1-5
 3 apresentaram comportamento linear. O genótipo CNPGL 00-1-3, considerado neste
 4 trabalho de porte intermediário, mostrou grande redução da relação F/C com o avanço
 5 da maturidade, refletindo na queda acentuada do teor protéico. Entretanto, o genótipo
 6 CNPGL 00-1-5 possui características morfológicas (Tabela 3) que não condizem com
 7 este comportamento linear. Provavelmente, este comportamento é devido ao ataque de
 8 pragas e doenças, que podem ter aumentado a proporção de material senescente,
 9 influenciando a sua qualidade.

10 Os demais genótipos apresentaram comportamento quadrático, ou seja, houve
 11 uma queda acentuada entre 14 e 42 dias e, a partir desta idade, ocorreu menor redução
 12 do teor protéico. Para todos os genótipos avaliados, o teor protéico apresentou grande
 13 queda com o aumento da maturidade das plantas, entretanto, os menores valores
 14 observados foram superiores a 7%, valor considerado mínimo para a manutenção de
 15 condições ideais do ambiente ruminal.

16

17 **Tabela 6:** Proteína bruta (%MS) de genótipos de capim-elefante anão submetidos a
 18 intervalos de corte.

Genótipo	Intervalo de corte						Equação de Regressão	R ²
	14	28	42	56	70	84		
Mott	17,95	14,45	11,66	11,99	10,60	9,72	$y = 0,0017x^2 - 0,273x + 21,08$	0,95
00-1-3	17,54	14,83	11,52	10,39	8,41	7,11	$y = -1,0358x + 18,88$	0,96
94-34-3	18,23	14,15	11,59	11,68	11,05	11,22	$y = 0,129x^2 - 2,441x + 22,24$	0,96
92-198-7	18,75	15,90	11,31	12,11	8,58	8,11	$y = 0,0015x^2 - 0,296x + 22,58$	0,94
92-117-3	19,01	15,53	13,52	11,94	10,33	9,62	$y = 0,0014x^2 - 0,268x + 22,31$	0,99
00-1-5	17,43	14,79	13,60	11,51	11,31	10,34	$y = -0,6858x + 17,96$	0,93

19

20 Os teores de PB observados foram superiores aos encontrados por Deresz (2001),
 21 o qual trabalhou com períodos de descanso de 30, 36 e 45 dias em sistema de pastejo. O

1 efeito do intervalo de corte sobre o teor protéico de capim-elefante anão também foi
2 observado por Veiga (1990).

3 Mari (2003), estudando o efeito do intervalo de corte em *Braquiária brizantha* cv.
4 Marandu, verificou valores protéicos médios de 13,3; 12,0; 10,7; 9,0; 9,9 e 8,9 % na
5 MS, para os intervalos de corte de 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias. Pode-se observar que o
6 teor protéico no primeiro intervalo de corte é muito inferior ao observado neste
7 trabalho. Este fato ocorreu porque a *Braquiária brizantha* cv. Marandu, apesar de ser
8 uma excelente forrageira, não possui a mesma eficiência de extração e conversão dos
9 nutrientes do solo que o capim-elefante. Os valores observados por esta autora foram
10 semelhantes aos obtidos neste trabalho a partir de 28 dias.

11 Santos et al. (2003) encontraram valores de 10,2; 8,5; 6,9; 7,3 e 7,2% de PB, para
12 os capins Pioneiro, Mott, Mombaça, Tanzânia e Marandu, aos 35 dias de período de
13 descanso. Estes resultados são inferiores aos deste trabalho, e uma possível explicação
14 por ser devido à menor quantidade de adubo nitrogenado aplicados em cobertura (60
15 kg.ha⁻¹).

16 Os dados referentes ao teor de FDN dos genótipos de capim-elefante anão em
17 função dos intervalos de corte e suas respectivas equações de regressão são
18 apresentados na Tabela 7.

19 Pode-se observar que o teor de FDN na matéria seca apresentou variação
20 significativa em função dos intervalos de corte apenas para os genótipos CNPGL 00-1-3
21 e CNPGL 92-198-7. Esse resultado é comum, devido ao acréscimo nos constituintes da
22 parede celular com o aumento da participação do colmo na constituição de plantas de
23 maior altura de dossel. Para o genótipo CNPGL 94-34-3 e a cv. Mott, o avanço da
24 maturidade da planta não influenciou no teor de FDN, devido, provavelmente, à elevada
25 relação F/C destes genótipos, mesmo em idades mais avançadas (Tabela 3). Os

1 genótipos CNPGL 92-117-3 e CNPGL 00-1-5, provavelmente, apresentaram pouca
 2 variação da relação F/C pelo avanço da maturidade da planta, influenciando o
 3 comportamento do teor de FDN. Entretanto, apesar de não ter ocorrido interação
 4 significativa, observa-se evidente diferença quanto ao teor de FDN entre o menor e o
 5 maior intervalo de corte para estes genótipos.

6 Os valores médios observados para os genótipos, sem levar em consideração os
 7 intervalos de corte, foram de 70,3; 67,8; 67,1; 66,3; 65,8 e 64,9 % de FDN para os
 8 genótipos CNPGL 00-1-3, CNPGL 92-198-7, Mott, CNPGL 92-117-3, CNPGL 00-1-5
 9 e CNPGL 94-34-3, respectivamente.

10 Teores de FDN semelhantes foram constatados por Flores et al. (1993), Almeida
 11 et al. (1996), Santos et al. (2003) e por Mari (2003), que verificaram maiores teores de
 12 FDN com o aumento da idade de corte. A FDN correlaciona-se mais estreitamente com
 13 o consumo voluntário dos animais, sendo que valores acima de 55 a 60%
 14 correlacionam-se de maneira negativa (Van Soest, 1965). No presente trabalho, os
 15 valores de FDN encontrados estiveram sempre acima do valor crítico de 55% e,
 16 portanto, o consumo voluntário das forrageiras em pastejo poderia ser limitado no caso
 17 de uma pressão de pastejo alta, que reduziria a seletividade dos bovinos.

18

19 **Tabela 7:** Fibra em detergente neutro (%MS) de genótipos de capim-elefante não
 20 submetidos a intervalos de corte

Genótipos	Intervalo de corte						Equação de Regressão	R ²
	14	28	42	56	70	84		
Mott	63,88	65,47	63,13	68,82	70,15	71,48	ns	-
00-1-3	63,49	65,89	70,14	72,90	74,40	75,23	y = 1,2428 x + 61,6450	0,95
94-34-3	60,76	64,44	66,20	62,99	67,27	68,08	ns	-
92-198-7	61,58	61,67	67,54	69,44	73,36	73,49	y = 1,3787 x + 58,1993	0,93
92-117-3	61,41	63,70	67,11	66,01	70,73	68,80	ns	-
00-1-5	62,43	62,90	66,21	68,59	67,14	67,94	ns	-

21 ns= interação não-significativa

1 Costa et al. (2007), estudando o comportamento da *B. Brizantha* cv. MG-5 em
2 função dos intervalos de corte, observaram variação nos teores de FDN superiores aos
3 deste trabalho. Os valores obtidos foram de 57,4; 60,0; 65,5 e 70,8% FDN para os
4 intervalos de corte de 15, 20, 30 e 60 dias, respectivamente.

5 Houve interação de genótipos e intervalos de corte para os valores de LAS
6 somente para os genótipos CNPGL 00-1-3, CNPGL 92-198-7 e CNPGL 92-117-3
7 (Tabela 8). Estes genótipos apresentaram comportamento linear em função do avanço
8 da maturidade da planta. Os valores médios gerais observados foram de 6,6; 7,5; 7,3;
9 7,2; 7,6 e 7,3% de LAS para os genótipos Mott, CNPGL 00-1-3, CNPGL 94-34-3,
10 CNPGL 92-198-7, CNPGL 92-117-3 e CNPGL 00-1-5, respectivamente.

11 Da mesma forma que observado para a FDN, naqueles genótipos que não
12 apresentaram interação significativa, pôde-se observar aumento da LAS entre os
13 menores e os maiores intervalos de corte.

14 Flores et al. (1993), trabalhando com a cv. Mott aos 35 dias de intervalo de corte,
15 observaram teores médios de 5,6% para lignina. Santos et al. (2001) não observaram
16 diferença significativa para o capim-elefante roxo em diferentes alturas de corte,
17 obtendo média de 8,5% de lignina, muito superior à observada neste estudo.

18 Balsalobre et al. (2001) relataram que as maiores mudanças, na composição das
19 plantas forrageiras, são aquelas decorrentes de sua maturidade. A maioria das espécies
20 forrageiras sofre declínio no seu valor nutritivo com o aumento da idade, resultando
21 menor relação folha/haste, combinada com a crescente lignificação da parede celular.
22 Isto pôde ser observado neste estudo, em relação à maturidade da planta (todos os
23 genótipos), e à relação folha/colmo (principalmente, nos genótipos CNPGL 00-1-3,
24 CNPGL 92-198-7 e CNPGL 92-117-3).

25

26

1 **Tabela 8:** Lignina em Ácido Sulfúrico (%MS) de genótipos de capim-elefante ano
 2 submetidos a intervalos de corte

Genótipos	Intervalo de corte						Equação Regressão	R ²
	14	28	42	56	70	84		
Mott	2,5	3,3	5,2	5,4	5,1	6,2	ns	-
00-1-3	3,2	4,5	4,6	4,8	7,8	7,9	y = 0,068x + 2,10	0,86
94-34-3	3,7	4,8	4,5	5,7	5,8	5,7	ns	-
92-198-7	3,8	4,2	5,1	5,4	5,6	7,1	y = 0,042x + 3,10	0,93
92-117-3	4,1	4,7	4,7	5,0	7,4	7,4	y = 0,050x + 3,06	0,83
00-1-5	3,9	4,5	4,8	4,7	6,5	6,4	ns	-

3 ns= interação não-significativa

4

5

6

CONCLUSÕES

7

8 Com base nos dados de resistência a pragas e doenças, TAMS e composição
 9 bromatológica, os genótipos CNPGL 92-198-7, CNPGL 94-34-3 e a cv. Mott foram
 10 considerados os mais promissores, sendo selecionados para a fase de avaliação em
 11 sistema de pastejo. Os genótipos CNPGL 00-1-3 e CNPGL 92-198-7 e CNPGL 94-34-3
 12 apresentaram de maneira geral rendimento de matéria seca e teor de proteína bruta
 13 superiores ao da cv. Mott, evidenciando a eficácia dos trabalhos de melhoramento
 14 genético do capim-elefante ano. Os genótipos CNPGL 92-198-7 e CNPGL 94-34-3 são
 15 forrageiras promissoras, devendo ser recomendados para a avaliação sob condições de
 16 pastejo.

17

18

19

20

21

22

LITERATURA CITADA

- 1
2
3
4 ALMEIDA, E.X.; MARASCHIN, G.E.; HARTHMANN, O.E.L.; et al. Oferta de
5 Forragem de Capim-Elefante Anão ‘Mott’ e o Rendimento Animal. **Revista**
6 **Brasileira Zootecnia**, v.29, n.5, p.1288-1295, 2000.
7
8 ALMEIDA, E.X.; MARASCHIN, G.E.; STUKER, H. Oferta de Forragem de Capim-
9 Elefante Anão (*P. purpureum* Schum.) cv. Mott. Composição Química e
10 Digestibilidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE
11 ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1996. p. 93-94.
12
13 BALSALOBRE, M.A.A.; NUSSIO, L.G.; MARTHA JÚNIOR, G.B. Controle de
14 perdas na produção de silagem de gramíneas tropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE
15 MANEJO DA PASTAGEM, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001.
16 p. 890-911.
17
18 CÂNDIDO, M.J.D.; ALEXANDRINO, E.; GOMIDE, J.A. Duração do período de
19 descanso e crescimento do dossel de *Panicum maximum* cv. mombaça sob lotação
20 intermitente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.398-405, 2005.
21
22 COSTA, K.A.P.; OLIVEIRA, I.P.; FAQUIN V.; et al. Intervalo de corte na produção
23 de massa seca e composição químico-bromatológica da *brachiaria brizantha* cv.
24 MG-5. **Ciência Agrotecnologia**, v.31, n.4, p.1197-1202, 2007.
25
26 DERESZ, F. Influência do período de descanso da pastagem de capim-elefante na
27 produção de leite de vacas mestiças holandês x zebu. **Revista Brasileira de**
28 **Zootecnia**, v.30, n.2, p. 461-469, 2001.
29
30 EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÀRIA – EMBRAPA. **Sistema**
31 **Brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006.
32 306p.
33
34 FLORES, J.A.; MOORE, J.E.; SOLLENBERGERT, L.E. Determinants of forage
35 quality in pensacola bahiagrass and mott elephantgrass. **Journal Animal Science**, v.
36 71, p.1606-1614, 1993.
37
38 LOPES, F.C.F.; DERESZ, F.; RODRIGUEZ, N.M.; et al. Disponibilidade e perdas de
39 matéria seca em pastagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schumack)
40 submetida a diferentes períodos de descanso. **Arquivo Brasileiro de Medicina**
41 **Veterinária e Zootecnia**, v.55, n.4, p.454-460, 2003.
42
43 MARI, L.J. **Intervalo entre cortes em capim marandu (braquiária brizantha Staf**
44 **cv. Marandu): produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da**
45 **silagem**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2003. 159p.
46 Dissertação (Mestrado em Agronomia) - ESALQ, 2003.
47
48 MOTT, G.O. Carrying capacity and live weight gains from dwarf elephant-grass. In:
49 FLORIDA BEEF CATTLE SHORT COURSE PRACTICE, 1984, Gainesville.
50 **Anais...** Gainesville: 1984. p. 111.

- 1 PEREIRA, A.V. & FERREIRA, R.P. **Genética e melhoramento do capim-elefante.**
2 Informe Agropecuário, v.19, n.192, p.17-21, 1998.
3
- 4 SANTANA, J.R.; PEREIRA, J.M.; RUIZ, M.A.M. Avaliação de cultivares de capim-
5 elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), no sudoeste da Bahia. II – Agrossistema
6 de Itapetinga. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.4, p. 507-517,
7 1994.
8
- 9 SANTOS, E.A.; SILVA, D.S.; QUEIROZ FILHO, J.L. Composição química do capim-
10 elefante cv. roxo cortado em diferentes alturas. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.30,
11 n.1, p.18-23, 2001.
12
- 13 SANTOS, M.V.F.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; SILVA, M.C.; et al. Produtividade e
14 Composição Química de Gramíneas Tropicais na Zona da Mata de Pernambuco.
15 **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.821-827, 2003.
16
- 17 SANTOS, P.M.; BALSALOBRE, M.A.A.; CORSI, M. Características Morfogenéticas
18 e Taxa de Acúmulo de Forragem do Capim-Mombaça Submetido a Três Intervalos
19 de Pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.843-851, 2004.
20
- 21 SILVA, D.J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 2.ed. Viçosa:
22 UFV, 1990. 165 p.
23
- 24 SOUZA FILHO, A.P.S. **Rendimento forrageiro, composição química e**
25 **digestibilidade das frações folha e colmo do capim-elefante (*Pennisetum***
26 ***purpureum* Schum.) ‘Dwarf’ em diferentes idades.** Lavras: ESAL, 1987. 104p.
27 Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras,
28 1987.
29
- 30 THIAGO, L.R.L.S.; MACEDO, M.C.M.; NICODEMO, M.L.F.; et al. Avaliação de
31 cultivares e híbridos de *Pennisetum purpureum* em Mato Grosso do Sul. In:
32 REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29.,
33 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992. p.78.
34
- 35 VEIGA, J.B. **Effect of grazing management upon a dwarf elephantgrass**
36 **(*Pennisetum purpureum* Schum.) pasture.** Gainesville, FL:UF, 1983. 197p.
37 Thesis (Doctor of Philosophy) - University of Florida, 1983.
38
- 39 VEIGA, J.B. Utilização do capim-elefante sob pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE
40 CAPIM-ELEFANTE, 1., 1990, Coronel Pacheco. **Anais...** Coronel Pacheco:
41 EMBRAPA-Gado de Leite, 1990. p.133.
42

1 **Características fotossintéticas de genótipos de capim-elefante anão**
2 **(*Pennisetum purpureum*, Schum.) sob estresse hídrico**

3
4
5
6
7 **Resumo** - O experimento foi realizado com o objetivo de avaliar as trocas gasosas
8 de genótipos de capim-elefante anão, sob diferentes condições hídricas. O delineamento
9 experimental foi inteiramente casualizado com cinco repetições. Foram avaliados três
10 genótipos de capim-elefante anão (Mott, CNPGL 94-34-3 e CNPGL 92-198-7) em duas
11 condições de umidade do solo: irrigado (I) e não- irrigado (NI). Foi observada diferença
12 entre os tratamentos I e NI para todos os genótipos em relação à taxa fotossintética,
13 condutância estomática, transpiração e déficit de pressão de vapor. O genótipo CNPGL
14 94-34-3 apresentou maior tolerância ao estresse hídrico, seguido pelos genótipos Mott e
15 CNPGL 92-198-7. Todos os genótipos avaliados apresentaram, em condições ideais de
16 umidade do solo, alta taxa fotossintética, o que caracteriza o capim-elefante como uma
17 planta de elevada eficiência fotossintética.

18

19 Palavras-chave: condutância estomática, déficit de pressão de vapor, fotossíntese,
20 transpiração

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

1 **Photosynthetic characteristics of dwarf elephant grass (*Pennisetum purpureum***
2 **Schum.) genotypes under different hydric conditions**

3
4
5
6
7 **Abstract** - The experiment was carried with the objective to evaluate the gas
8 exchange of dwarf elephant grass genotypes under different hydric conditions, on a
9 randomized design with five replicates. Were used genotypes of dwarf elephant-grass
10 (Mott, CNPGL 94-34-3 and CNPGL 92-198-7) in two hydric conditions irrigated (I)
11 and non irrigated (NI) were evaluated. Differences among the treatments I and NI were
12 observed for all the genotypes in relation to the photosynthesis, stomatal conductance,
13 transpiration and water vapor pressure deficit. Genotype CNPGL 94-34-3 presented
14 greater tolerance to hydric stress, followed by the Mott and CNPGL 92-198-7
15 genotypes. All the evaluated genotypes had presented, under ideal conditions of soil
16 humidity, higher photosynthetic rate characterizing the dwarf elephant grass as a plant
17 of high photosynthetic efficiency.

18

19 Key words: photosynthesis, stomatal conductance, transpiration and vapor pressure
20 deficit

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

INTRODUÇÃO

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

Os efeitos dos fatores climáticos no crescimento e desenvolvimento, assim como, na partição de carbono entre os órgãos, são importantes nas taxas de crescimento dos vegetais (Norman et al., 1995). Plantas sob déficit hídrico sofrem mudanças em sua anatomia, fisiologia e bioquímica, com intensidade que depende do tipo de planta e do grau de duração do déficit hídrico (Kramer, 1983). Algumas plantas, para se adaptarem às condições de déficit hídrico, adotam a estratégia de redução da parte aérea em favor das raízes. Com isso, limitam sua capacidade de competir por luz, pela diminuição da área foliar, com conseqüente redução na produtividade (Nabinger, 1997), aceleração na taxa de senescência foliar, inibição do perfilhamento e ramificações e aceleração da morte dos perfilhos estabelecidos, bem como, atraso no crescimento e no desenvolvimento da planta (Buxton & Fales, 1994).

O estresse hídrico afeta a fotossíntese devido aos efeitos estomáticos e não-estomáticos. O efeito estomático é um evento primário, o que levaria a uma menor disponibilidade de CO₂ nos espaços intercelulares, reduzindo a assimilação de CO₂ nos cloroplastos (Faria et al., 1996). Já o efeito não-estomático está relacionado às perturbações nos processos fotoquímicos (redução no transporte de elétrons, afetando a formação de ATP e NADPH) e nos processos bioquímicos com a redução na eficiência carboxilativa e/ou na quantidade e atividade da RUBISCO e de outras enzimas do metabolismo fotossintético (Taiz & Zeiger, 2004).

A avaliação da fluorescência da clorofila *a* é uma importante técnica nos estudos de ecofisiologia vegetal, para a determinação de alterações causadas por fatores estressantes, e pode ser utilizada na avaliação de danos causados por estresse hídrico (Farquhar & Sharkey, 1982). O principal parâmetro utilizado na avaliação desses danos

1 ao sistema fotossintético é a razão F_v/F_m , em que F_v é a fluorescência variável e F_m a
2 fluorescência máxima, que indica a eficiência fotoquímica do fotossistema II. Embora
3 essa razão normalmente decresça em plantas submetidas a algum tipo de estresse
4 (Krause & Weis, 1991), alguns autores (Epron & Dryer, 1990) não detectaram reduções
5 na eficiência fotoquímica do fotossistema II em plantas sob déficit hídrico. A relação
6 F_v/F_m pode variar numa faixa de 0,75 a 0,85 em plantas em condições ambientais
7 ótimas. A diminuição da relação F_v/F_m é um excelente indicador de efeito
8 fotoinibitório, quando as plantas estão submetidas a qualquer tipo de estresse, e pode
9 representar tanto uma regulação fotoprotetora reversível quanto uma inativação
10 irreversível do PSII.

11 O conhecimento do comportamento da planta forrageira em condições de estresse
12 hídrico é de grande importância prática para auxiliar no entendimento dos efeitos do
13 período seco na produção de forragem, possibilitando o uso de práticas de manejo para
14 a melhor utilização do pasto durante esse período.

15 O objetivo do presente estudo é avaliar as características fotossintéticas de
16 genótipos de capim-elefante anão submetidos a condições de estresse hídrico.

17

18 MATERIAL E MÉTODOS

19

20 O experimento foi conduzido na Unidade de Apoio à Pesquisa (UAP) do Centro
21 de Ciências e Tecnologias Agropecuárias (CCTA) da Universidade Estadual do Norte
22 Fluminense (UENF) no município de Campos dos Goytacazes, região norte do estado
23 do Rio de Janeiro / Brasil.

24 Os genótipos de capim-elefante anão foram obtidos pelo programa de
25 melhoramento genético de capim-elefante da EMBRAPA Gado de Leite. Foram

1 avaliados dois genótipos de capim-elefante anão e a cv. Mott em resposta ao corte do
2 suprimento de água. As mudas foram plantadas em vasos plásticos com capacidade para
3 11 dm^3 de solo. O solo classificado como um Latossolo Amarelo Distrófico Típico foi
4 peneirado em malha de 4 mm, e as amostras foram tomadas para análise química. As
5 adubações foram realizadas de acordo com os resultados de análise do solo e segundo as
6 recomendações da EMBRAPA Gado de Leite, correspondendo a 100, 50 e 100 mg.dm^{-3}
7 de N, P_2O_5 e K_2O , na forma de uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio,
8 respectivamente.

9 O desbaste foi realizado no nível do solo, com o objetivo de minimizar as
10 diferenças entre os estandes, permanecendo cinco perfilhos principais em cada vaso.
11 Irrigações periódicas para manter a saturação do solo em aproximadamente 50% foram
12 realizadas até o início da fase experimental, que ocorreu a partir do 60º dia pós-plantio.

13 Durante o período de avaliação, o teor de umidade do solo foi monitorado por
14 sensores de umidade (6450 WD Watermark Soil Mixture Sensor, USA), instalados a 10
15 cm de profundidade e, posteriormente, acoplados ao sensor de leitura. Os sensores
16 foram acoplados a um coletor de dados (Data Logger Line, modelo 200, USA) e as
17 informações foram tomadas diariamente. Os dados das condições climáticas durante o
18 experimento são mostrados na Tabela 1.

19 As análises da assimilação fotossintética do carbono (A), condutância estomática
20 (gS), taxa transpiratória (E) e déficit de pressão de vapor (DPV) foram obtidas
21 utilizando-se luz artificial com leds de intensidade de $1000 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Para medição
22 das trocas gasosas foliares, foi utilizado o analisador de gás infravermelho (IRGA)
23 modelo LI 6200 (LI-COR, USA). Todas as características fotossintéticas foram
24 determinadas diariamente entre 8 e 10 horas a partir da suspensão da irrigação,

1 evitando-se variações na intensidade de luz durante as medições até que as plantas
2 apresentassem valores nulos de fotossíntese líquida, a partir da qual foram re-irrigadas.

3 Foram utilizadas plantas em estágio vegetativo de crescimento, fazendo-se as
4 medições na primeira folha totalmente expandida e de aspecto saudável, utilizando-se a
5 parte mediana da lâmina foliar para as avaliações e confinando-a na câmara foliar do
6 IRGA.

7
8 **Tabela 1:** Evapotranspiração (ET_o, mm), precipitação pluviométrica (Precip, mm),
9 temperatura (°C) e umidade relativa do ar média, máxima e mínima (%), radiação solar
10 (R_s, W.m⁻²) e velocidade do vento a 2 m de altura (v₂, m.s⁻¹).

<i>Data</i>	<i>ET_o</i>	<i>Precip</i>	<i>T_{méd}</i>	<i>T_{máx}</i>	<i>T_{mín}</i>	<i>UR_{méd}</i>	<i>UR_{máx}</i>	<i>UR_{mín}</i>	<i>R_s</i>	<i>v₂</i>
7.08.06	4,19	0,0	22,1	30,6	17,1	79,2	100,0	36,9	210	2,0
8.08.06	3,97	0,0	20,5	25,5	16,2	77,2	100,0	42,8	230	2,8
9.08.06	4,80	0,0	21,0	28,6	15,5	73,1	99,9	31,6	228	3,0
10.08.06	5,03	0,0	22,2	32,0	15,2	74,3	99,9	27,1	219	2,5
11.08.06	4,21	0,0	22,1	28,0	17,0	79,9	100,0	43,8	225	2,7
12.08.06	4,65	0,0	22,1	27,4	17,0	72,5	99,9	35,9	226	3,3
13.08.06	4,96	0,0	22,0	29,9	16,4	76,1	99,9	32,5	227	2,9
14.08.06	5,11	0,0	22,2	30,7	17,0	74,0	99,9	31,5	230	2,9
15.08.06	5,28	0,0	22,7	31,1	17,2	75,1	99,9	30,9	229	3,0
16.08.06	5,14	0,0	23,3	31,9	17,9	74,0	100,0	29,4	228	2,6

11 **Fonte:** E.E.C. PESAGRO-Rio / Campos dos Goytacazes

12

13 As variáveis da fluorescência da clorofila *a* foram determinadas com o
14 fluorímetro PEA (Plant Efficiency Analyser – Hansatech - UK), a partir do qual foi
15 obtido o rendimento quântico máximo do PSII (F_v/F_m). As medidas foram realizadas
16 às 8h e às 12h. Com base nesses valores, foi possível calcular o percentual de
17 fotoinibição, com o uso da fórmula:

18

$$19 \quad \% \text{FOTOINIBIÇÃO} = [1 - (F_v/F_m \text{ 12:00}) / (F_v/F_m \text{ 8:00})] \times 100$$

20

1 As mensurações relacionadas à fluorescência da clorofila *a* foram feitas com o
2 auxílio de pinças de metal (DLC-8) acopladas ao sensor do fluorímetro, colocadas na
3 região mediana das folhas, no lado adaxial do limbo foliar, evitando-se a nervura
4 central. Antes de cada determinação individual, uma porção da folha foi mantida no
5 escuro, ou seja, permaneceu com a pinça fechada por pelo menos 30 minutos para que
6 todos os centros de reação naquela região da folha adquirissem a condição de “abertos”
7 (extintor fotoquímico não-reduzido). As leituras para obtenção das variáveis F_v/F_m
8 foram realizadas diariamente entre o primeiro e o décimo dia após início dos
9 tratamentos, com pulsos de luz saturante de 0,3 segundos para promover o fechamento
10 dos centros de reação do PSII (extintor fotoquímico reduzido). Os dados de
11 fluorescência obtidos foram automaticamente armazenados no fluorímetro e,
12 posteriormente, transferidos para um computador, utilizando-se o programa
13 Wincontrol.

14 O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com três
15 repetições. As forrageiras avaliadas foram os genótipos de capim-elefante anão
16 CNPGL 92-198-7, CNPGL 94-34-3 e a cv. Mott, submetidos a dois regimes hídricos,
17 com e sem irrigação.

18 Para a determinação do espectro de absorção, foram retirados três discos foliares
19 na porção mediana da folha (evitando-se a nervura central) com 1,5 cm de diâmetro em
20 cada genótipo, os quais foram cortados em pequenos pedaços e macerados em almofariz
21 de porcelana com adição de N_2 líquido. Em seguida, adicionou-se 1,5 mL de solução
22 extratora de etanol/HCl 1,5N (85:15) e novamente macerou-se o material. Todo o tecido
23 foi colocado em tubo de ensaio fechado envolvido com papel alumínio, refrigerado a
24 4°C por 24 horas. Posteriormente, foi retirado o sobrenadante, colocado em tubo
25 eppendorf e centrifugado a 13.000g por 10 minutos. Foram retirados 500 μ L para a

1 leitura dos comprimentos de onda em espectrofotômetro, que permitiu a leitura a cada
2 10 nm entre 400 e 700 nm. As análises para determinação do espectro de absorção
3 foram realizadas em triplicata.

4

5 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

6

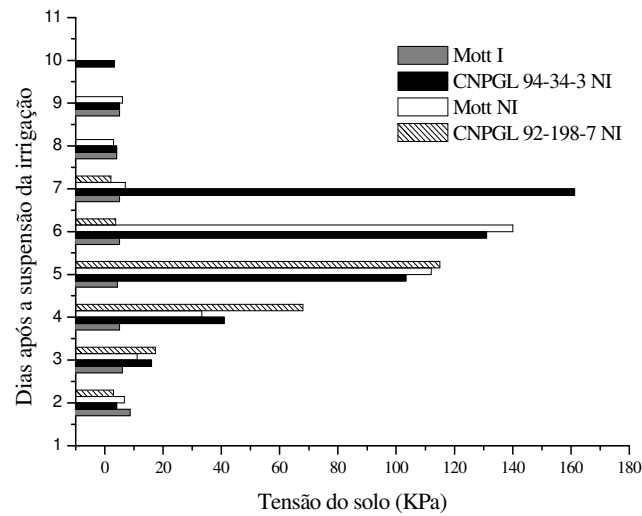
7 Foi observado que as plantas submetidas ao estresse hídrico promoveram uma
8 grande redução na disponibilidade hídrica do solo, quando comparada com a do
9 tratamento irrigado. Pode-se observar que o genótipo CNPGL 94-34-3, quando
10 submetido ao estresse hídrico, conseguiu ser mais eficiente na utilização dessa água,
11 mantendo-se em boa condição por mais tempo e, conseqüentemente, levando o solo a
12 tensões hídricas mais elevadas (Figura 1).

13 A redução na disponibilidade hídrica do tratamento NI foi acompanhada de uma
14 redução na condutância estomática (Figura 2) e na transpiração (Figura 3), semelhante
15 para as três forrageiras. O estresse hídrico causou o fechamento estomático, o que
16 reduziu a perda de água pela planta (Chaves, 1991; Lawlor, 1995). Como conseqüência,
17 a difusão do CO₂ no mesófilo foliar foi restringida (Farquhar & Sharkey, 1982).

18 Segundo Cornic et al. (2000), a diminuição da concentração interna desse gás no
19 sítio de carboxilação da RUBISCO resulta na limitação da fotossíntese, como observado
20 na Figura 4. Este fato corrobora Taiz & Zeiger (2004), que relataram que muitos
21 processos fisiológicos nas plantas, como a abertura e o fechamento estomático e,
22 conseqüentemente, a fotossíntese, são regulados principalmente pela pressão de
23 turgescência das células.

24

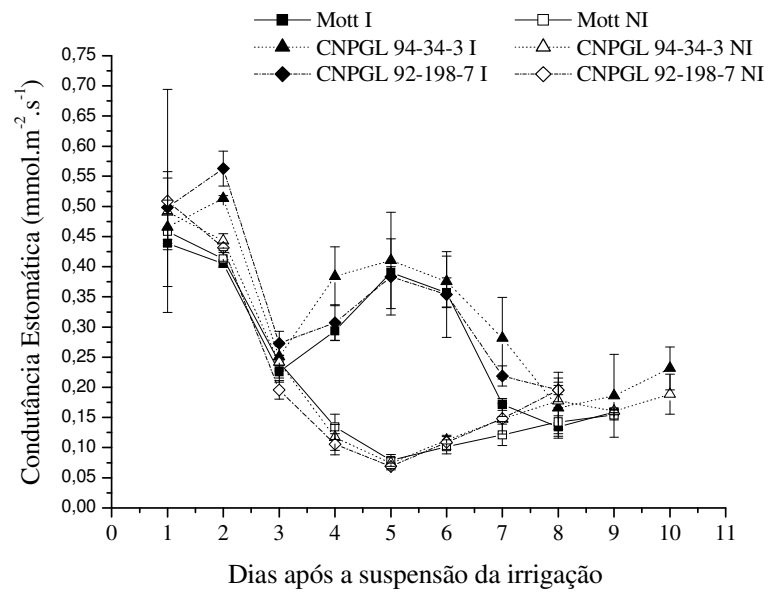
25



1
2 **Figura 1:** Tensão do solo em genótipos de capim-elefante anão irrigados (I) e não-
3 irrigados (NI).

4

5

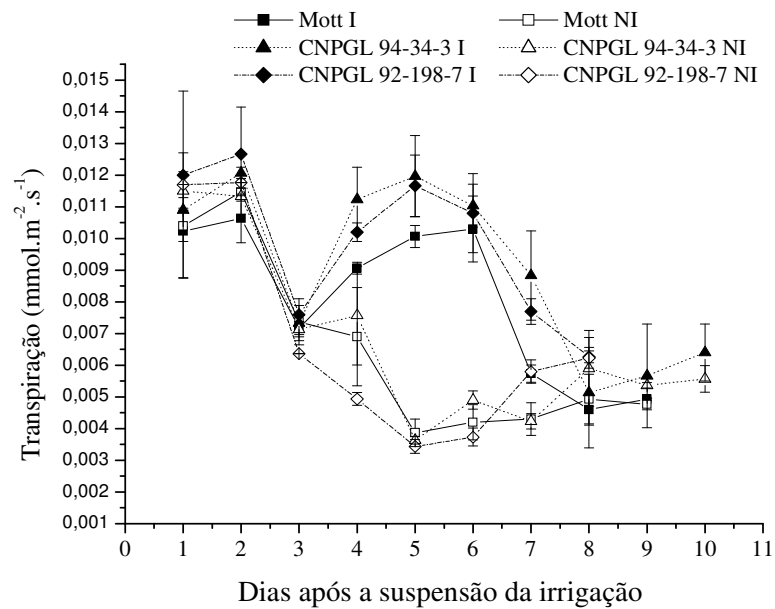


6

7 **Figura 2:** Condutância Estomática de genótipos de capim-elefante anão irrigados (I) e
8 não-irrigados (NI).

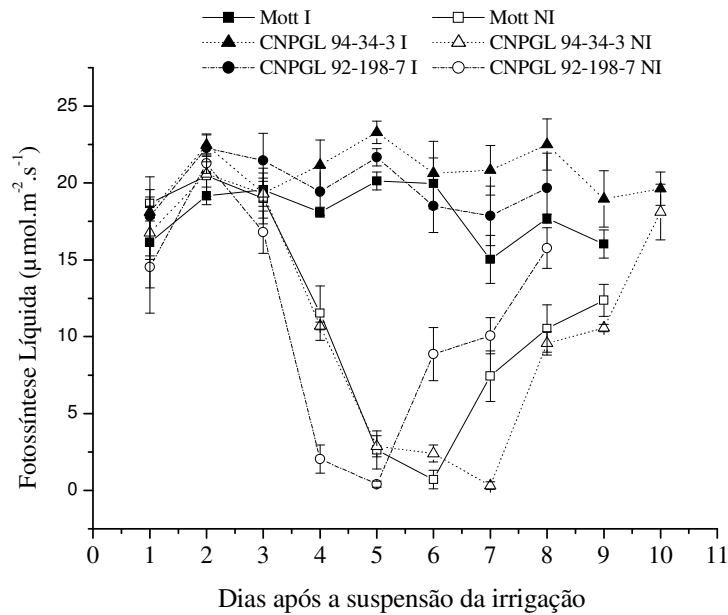
9

10



1
 2 **Figura 3:** Transpiração de genótipos de capim-elefante anão irrigados (I) e não-
 3 irrigados (NI).

4
 5 A taxa fotossintética mostrou comportamento semelhante entre os tratamentos
 6 irrigados. Entretanto, quando a irrigação foi suprimida, o comportamento fotossintético
 7 foi distinto. No tratamento sob estresse hídrico, os menores valores de taxa
 8 fotossintética líquida foram observados a partir do quinto, sexto e sétimo dias após a
 9 suspensão da irrigação, para os genótipos CNPGL 92-198-7, Mott e CNPGL 94-34-3,
 10 respectivamente, chegando a valores muito próximos de zero, os quais determinaram a
 11 retomada da irrigação. Além de menos sensível ao estresse hídrico, o genótipo CNPGL
 12 94-34-3 apresentou melhor resposta após a re-irrigação, atingindo taxa fotossintética
 13 semelhante à do tratamento irrigado. Este fato não ocorreu para os genótipos CNPGL
 14 92-198-7 e a cv. Mott.



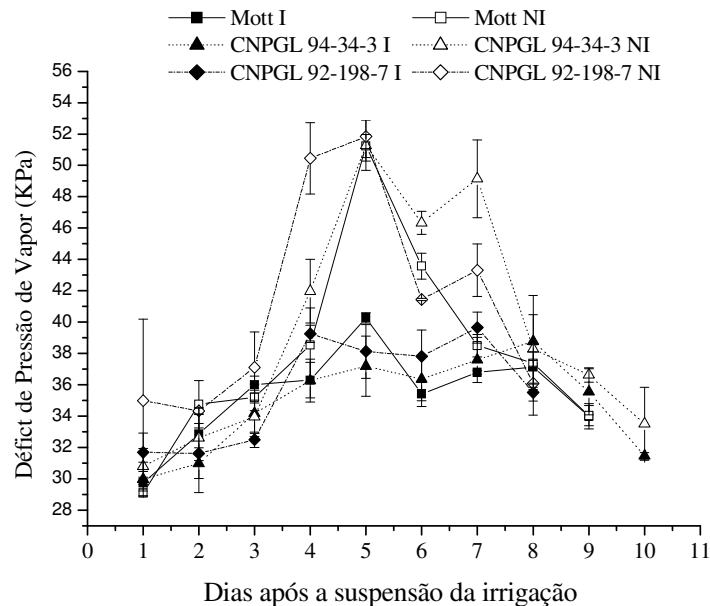
1
2 **Figura 4:** Fotossíntese Líquida de genótipos de capim-elefante anão irrigados (I) e não-
3 irrigados (NI).

4
5
6 Segundo Angelopoulos et al. (1996), a condutância estomática limitaria a
7 fotossíntese sob condições moderadas de estresse hídrico, mas, sob condições severas, a
8 fotossíntese seria limitada por fatores bioquímicos. Além disso, há evidências de que o
9 estresse hídrico danifica o metabolismo do mesófilo, e que esta resposta se torna
10 progressivamente mais importante com a crescente limitação de água no tecido vegetal
11 (Chaves, 1991). Contudo, a grande recuperação da taxa fotossintética, após condições
12 severas de estresse hídrico observadas neste experimento (120 a 160 KPa), demonstra
13 que a fotossíntese foi limitada por efeito estomático, havendo pouca ou nenhuma
14 degradação do aparato fotossintético.

15 De acordo com Loveys et al. (2000), a redução na condutância estomática é
16 resultado de sinais químicos de desidratação das raízes, o que, de acordo com Stoll et al.
17 (2000), promove um aumento na concentração de ABA, originada pelas raízes em

1 contato com o solo seco, e um aumento do pH da seiva do xilema, conhecidos
 2 responsáveis pelo fechamento estomático sob condições de estresse hídrico (Davies et
 3 al., 1990).

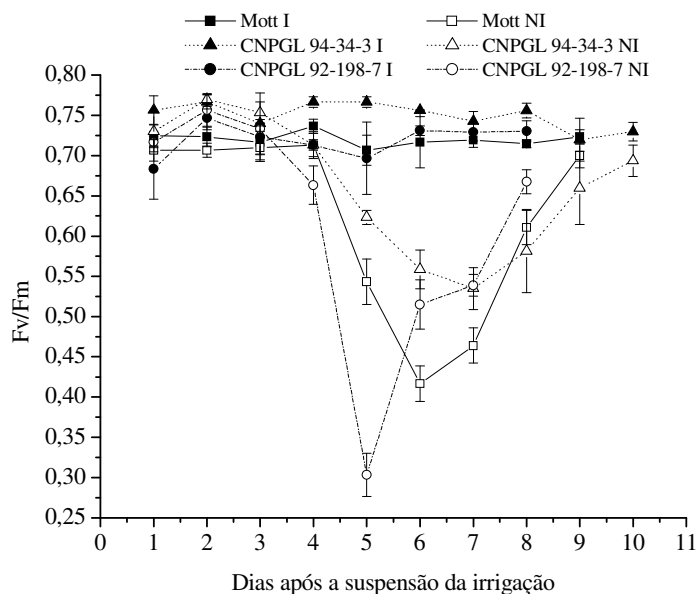
4 Os baixos valores de condutância e transpiração causaram elevações no déficit de
 5 pressão de vapor (DPV), uma vez que o fechamento estomático reduz a transpiração,
 6 diminuindo a capacidade de refrigeração da folha e aumentando a temperatura deste
 7 órgão, uma vez que a folha continua recebendo luz, causando elevação no DPV (Figura
 8 5).



9
 10 **Figura 5:** Déficit de Pressão de Vapor de genótipos de capim-elefante anão irrigados (I)
 11 e não-irrigados (NI).

12
 13
 14 Em relação ao rendimento quântico do fotossistema II, estimado pela razão
 15 F_v/F_m , pode-se observar que os genótipos submetidos ao estresse hídrico tiveram
 16 comportamentos distintos. Até o quarto dia após a suspensão da irrigação não havia
 17 ocorrido queda no rendimento quântico das forrageiras estudadas, estando estas com

1 valores dentro do considerado ótimo. A partir do quarto dia, houve queda acentuada nos
 2 valores de Fv/Fm. Entretanto, o genótipo CNPGL 92-198-7 mostrou-se o mais sensível
 3 ao estresse hídrico, chegando a valores de Fv/Fm de 0,30 no quinto dia após a
 4 suspensão da irrigação. A cv. Mott apresentou valores de Fv/Fm em torno de 0,42 no
 5 sexto dia, e o genótipo CNPGL 94-34-3 apresentou menor queda (0,55) no sétimo dia
 6 após a suspensão da irrigação.



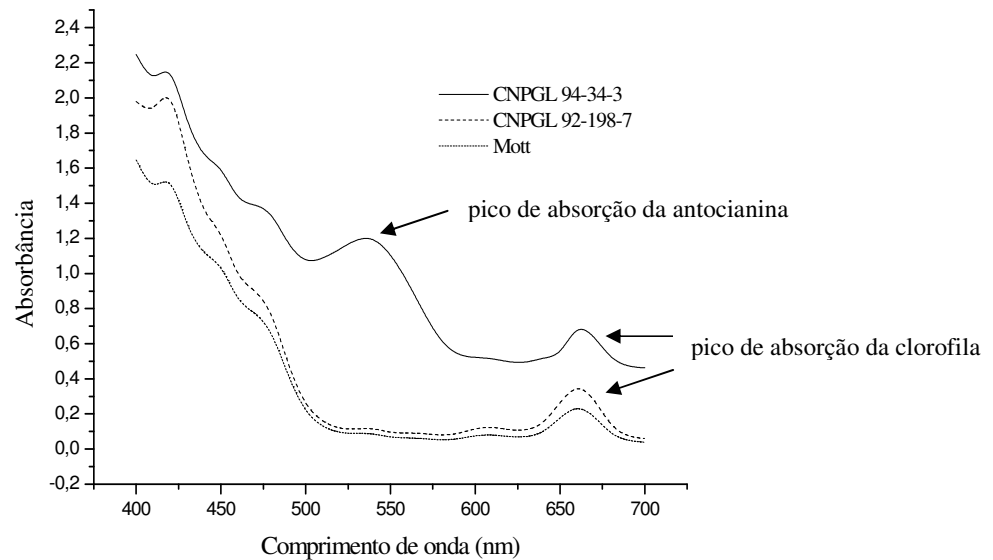
7
 8 **Figura 6:** Rendimento Quântico (Fv/Fm) de capim-elefante anão irrigados (I) e não-
 9 irrigados (NI).

10

11 Uma possível explicação para a maior tolerância do genótipo CNPGL 94-34-3 ao
 12 estresse hídrico pode ser devido ao elevado conteúdo de antocianina nas suas folhas,
 13 quando comparada com a do genótipo CNPGL 92-198-7 e da cv. Mott (Figura 7). Este
 14 fato pode estar ligado ao aspecto de tolerância às condições de deficiência hídrica,
 15 evidenciando o aparecimento mais tardio e menos intenso de dano ao PSII.

16

17 O papel da antocianina como pigmento fotoprotetor é relatado por vários autores,
 a saber, Dugald et al. 2003, Pietrini et al. 2002 e Neil & Gould, 1999.



1

2 **Figura 7:** Espectro de absorção da luz visível em genótipos de capim-elefante anão

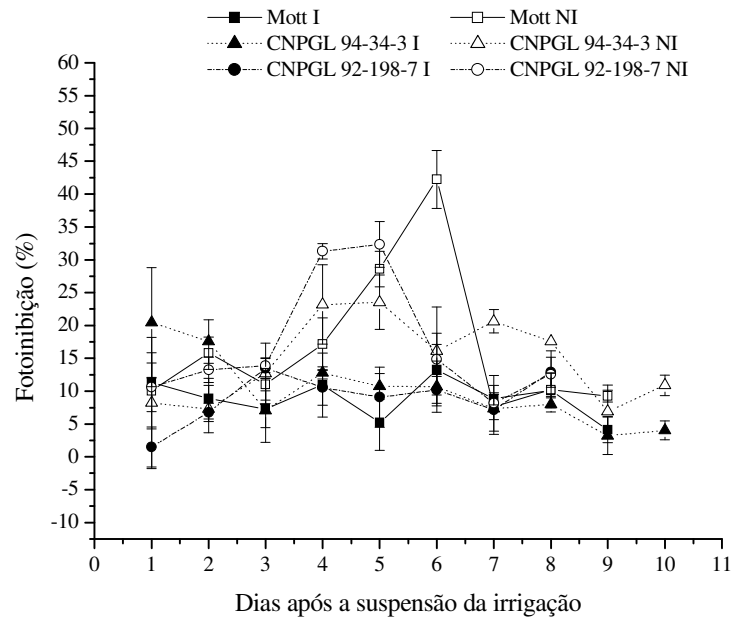
3

4 A fotoinibição da fotossíntese foi evidenciada com maior intensidade a partir do
 5 quarto dia após a suspensão da irrigação. A cv. Mott apresentou maior fotoinibição,
 6 seguida do genótipo CNPGL 92-198-7 e CNPGL 94-34-3, respectivamente.

7 De acordo com Baker (1993), tem sido demonstrado que plantas submetidas ao
 8 estresse hídrico severo frequentemente apresentam um marcante efeito fotoinibitório,
 9 caracterizado por um decréscimo significativo do rendimento quântico. Nesse caso, o
 10 déficit hídrico, em combinação com altos níveis de irradiância, pode causar uma
 11 significativa redução na eficiência da fotossíntese.

12 Três fatores podem ser identificados como importantes na determinação da
 13 resposta da fotossíntese ao déficit hídrico. O primeiro é a extensão da desidratação, o
 14 segundo é a taxa deste desenvolvimento e o terceiro é a irradiância. A desidratação
 15 suave resulta na inibição da expansão, crescimento e condutância estomática. Essas
 16 respostas podem ocorrer antes que haja uma variação mensurável da condição de
 17 hidratação da folha, que pode ser iniciada por sinais não-hidráulicos da raiz que

1 experimental a aridez no solo. As raízes atuam como sensores do déficit de água no solo,
 2 detectado pelas células-guarda dos estômatos, mesmo antes de qualquer déficit hídrico
 3 ser observado nas folhas, por meio de sinais químicos (ácido abscísico) enviados à
 4 parte aérea da planta (Salah & Tadiou, 1997).
 5



6
 7 **Figura 8:** Fotoinibição de genótipos de capim-elefante anão irrigados (I) e não-
 8 irrigados (NI).

9
 10
 11
 12

CONCLUSÕES

13 O genótipo CNPGL 94-34-3 apresentou maior tolerância ao estresse hídrico,
 14 seguido pela cv. Mott e o genótipo CNPGL 92-198-7, podendo ser explorado com
 15 maior eficiência em tais condições, provavelmente devido a sua coloração arroxeada,
 16 em virtude da presença de antocianinas. Todos os genótipos avaliados apresentaram, em
 17 condições ideais de umidade do solo, taxa fotossintética elevada, caracterizando o

1 capim-elefante de porte como uma das plantas forrageiras de maior eficiência
2 fotossintética.

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

LITERATURA CITADA

- 1
2
3 ANGELOPOULOS, K.; DICHIO, B.; XILOYANNIS, C. Inhibition of photosynthesis
4 in olive trees (*Olea europaea* L.) during water stress and rewatering. **Journal of**
5 **Experimental Botany**, v.47, p.1093–1100, 1996.
6
7 BAKER, N.R. **Light-use efficiency and photonhibition of photosynthesis in plants**
8 **under environmental stress**. In: Water deficit plant responses from cell to
9 community (J.A.C. Smith & H. Griffiths, eds.). Bios Scientific Publ., 221-235. 1993.
10
11 BUXTON, D.R.; FALES, S.L. Plant environment and quality. In: FAHEY JR., G.C.
12 (ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of
13 Agronomy, 1994. p.155-199.
14
15 CHAVES, M.M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of**
16 **Experimental Botany**, v.42, p.1-16, 1991.
17
18 CORNIC, G. Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture –
19 not by affecting ATP synthesis. **Trends in Plant Science**, v.5, p.187-188, 2000.
20
21 DAVIES, W.J.; MANSFIELD, T.A.; HETHERINGTON, A.M. Sensing of soil water
22 status and the regulation of plant growth and development. **Plant, Cell and**
23 **Environment**, v.7, p.709-719, 1990.
24
25 DUGALD, C.C.; BEADLE, C.L. The ecophysiology of foliar anthocyanin. **The**
26 **Botanical Review**, v.69, p.149-161, 2003.
27
28 EPRON, D.; DRYER, E. Stomatal and non stomatal limitation of photosynthesis by leaf
29 water deficits in three oak species: a comparison of gas exchange and chlorophyll a
30 fluorescence data. **Annales des Sciences Forestières**, v.47, 435-450, 1990.
31
32 FARIA, T.; GARCIA-PLAZAOLA, J.I.; ABADIA, A.; et al. Diurnal changes in
33 photoprotective mechanisms in leaves of cork oak (*Quercus suber*) during Summer.
34 **Tree Physiology**, v.16, p.115-123, 1996.
35
36 FARQUHAR, G.D.; SHARKEY, T.D. Stomatal conductance and photosynthesis.
37 **Annual Review of Plant Physiology**, v.33, p.317-45, 1982.
38
39 KRAMER, P. **Water relations of plants**. New York: Academic Press, 1983. 489p.
40
41 KRAUSE, G.H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics.
42 **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.42, p.313-
43 349, 1991.
44
45 LAWLOR, D.W. Photosynthesis, productivity and environment. **Journal of**
46 **Experimental Botany**, v.46, p.1449-1461, 1995.
47
48 LOVEYS, B.R.; DRY, P.R.; STOLL, M.; et al. Using plant physiology to improve the
49 water efficiency of horticultural crops. **Acta Horticulturae**, v.537, p.187-197, 2000.
50

- 1 NABINGER, C. Princípios da exploração intensiva de pastagens. In: SIMPÓSIO
2 SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 13., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba:
3 Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1997. p.15-95.
4
- 5 NEIL, S.; GOULD, K.S. Optical properties of leaves in relation to anthocyanin
6 concentration and distribution. **Can. J. Bot.** v.77, p.1777-1782, 1999.
7
- 8 NORMAN, M.J.T.; PEARSON, C.J.; SEARLE, P.G.E. In: The ecology of tropical food
9 crops. **The Journal of Applied Ecology**, v.33, n.3, p.650-651, 1995.
10
- 11 PIETRINI, F.; IANELLI, M.A.; MASSACCI, A. Anthocyanin accumulation in the
12 illuminated surface of maize leaves enhances protection from photo-inhibitory risks at
13 low temperature, without further limitation to photosynthesis. **Plant Cell and**
14 **Environment**, v.25, p.1251-1259, 2002.
15
- 16 SALAH, H.B.H.; TARDIEU, F. Control of leaf expansion rate of droughted maize
17 plants under fluctuating evaporative demand. **Plant Physiology**, v.114, n.3, p.893-
18 900, 1997.
19
- 20 STOLL, M.; LOVEYS, B.; DRY, P. Hormonal changes induced by partial rootzone
21 drying of irrigated grapevine. **Journal of Experimental Botany**, v.51, p.1627-1634,
22 2000.
23
- 24 TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50

1 **Quantification of photosynthetic pigments using portable**
2 **chlorophyll meter SPAD-502**

3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36

Abstract: The objective of this test was determine equations that indirectly relate the SPAD-502 values with the chlorophyll and carotenoids contents of dwarf elephant grass genotypes. Leaves of elephant grass genotypes were used after they had been collected and transported in isolated boxes protected from the sun light, to the Plant Physiology sector at UENF. Later, leaf disks of known area were extracted. The averages of five readings/leaf disks in the portable chlorophyll meter SPAD-502 and used up six discs for each interval, distributed according to the following scale (0-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-50; 50-60). These analyses were performed in order to correlate the values obtained in SPAD-502 with the values from spectrophotometer measurements. The chlorophyll meter SPAD-502 gave a fast and effective estimate of the total chlorophyll content, chlorophyll *a* and chlorophyll *b* in the dwarf elephant grass genotypes.

Key words: chlorophyll *a*, chlorophyll *b*, carotenoids contents, SPAD-502

INTRODUÇÃO

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

Os compostos químicos mais importantes, para conversão da energia luminosa em energia química, são os pigmentos que se encontram nos cloroplastos dos órgãos fotossintéticos das plantas. As duas principais classes de pigmentos encontrados em plantas são as clorofilas e os carotenóides, insolúveis em água, mas solúveis em solventes orgânicos (Marenco & Lopes, 2005). A clorofila *a* é de ocorrência generalizada em todas as células fotossintetizadoras, e desempenha um papel fundamental no processo de bioconversão de energia. Os outros pigmentos são chamados pigmentos acessórios. A estrutura das clorofilas *a* e *b* é basicamente a mesma, entretanto, o teor da clorofila *b* é cerca de 1/3 do teor da clorofila *a*. Os carotenóides são pigmentos amarelos ou alaranjados, sendo representados pelos carotenos e xantofilas, encontrados em todas as células fotossintetizantes. Normalmente, sua coloração nas folhas é mascarada pela cor verde das clorofilas (Taiz & Zeiger, 2004).

Atualmente, como parte da agricultura de precisão, é necessário o sensoriamento em tempo real do estado nutricional das plantas (Zotarelli et al., 2003). Dentre as técnicas mais recentes com potencial para avaliar este estado, em tempo real, destaca-se a análise da intensidade do verde das folhas, pelo fato de haver correlação significativa entre a intensidade do verde e o teor de clorofila com a concentração de N na folha (Gil et al., 2002). A avaliação do verde da folha de forma rápida e com baixo custo tornou-se mais fácil com os recentes avanços e aperfeiçoamento dos medidores portáteis. O medidor de clorofila Minolta SPAD-502 é utilizado na quantificação indireta de clorofila, caracterizando-se pela rapidez e simplicidade e, principalmente, por propiciar uma avaliação não destrutiva do tecido foliar (Guimarães et al., 1999). A intensidade da

1 cor verde da folha é detectada pelo aparelho mediante a quantidade de luz de
2 comprimentos de onda da região do vermelho e do infravermelho que são absorvidas
3 pela folha. A quantidade de luz vermelha absorvida indica a quantidade de clorofila,
4 enquanto a quantidade de luz absorvida próxima ao infravermelho serve como uma
5 referência interna de compensação da espessura da folha e conteúdo de água (Swiader
6 & Moore, 2002).

7 O objetivo desta pesquisa foi determinar equações que, indiretamente, associem
8 os valores de SPAD-502 aos teores de clorofila e carotenóides de genótipos de capim-
9 elefante anão e da cv. Mott.

10

11

MATERIAL E MÉTODOS

12

13 O experimento foi conduzido na Unidade de Apoio à Pesquisa (UAP) do Centro
14 de Ciências e Tecnologias Agropecuárias (CCTA) da Universidade Estadual do Norte
15 Fluminense (UENF), no município de Campos dos Goytacazes, região norte do estado
16 do Rio de Janeiro / Brasil.

17 Os genótipos de capim-elefante anão são provenientes do programa de
18 melhoramento genético de capim-elefante da EMBRAPA Gado de Leite. O teor de
19 clorofila foi estimado por meio do analisador do teor de clorofila modelo SPAD-502,
20 Minolta, Japão. Os genótipos tiveram suas folhas coletadas e transportadas em caixas de
21 isopor protegidas da luz, até ao Laboratório de Fisiologia Vegetal. Posteriormente,
22 discos foliares de área conhecida ($176,62 \text{ mm}^2$) foram extraídos. Foi obtida a média de
23 cinco leituras/disco foliar com o auxílio do medidor portátil de clorofila SPAD-502,
24 utilizando-se seis discos para cada intervalo, distribuídos de acordo a seguinte escala: 0-
25 10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-50; 50-60.

1 A extração de pigmentos fotossintéticos (clorofilas e carotenóides) foi feita pela
 2 metodologia proposta por Hendry & Price (1993). Os discos foliares para extração de
 3 pigmentos foram cortados em pequenos pedaços e macerados em almofariz de
 4 porcelana com adição de N₂ líquido. Em seguida, foi adicionado 1,5 mL de solução
 5 extratora de Etanol/HCl 1,5N (85v:15v) e novamente macerado. Foi utilizado mais 1,5
 6 mL de solução extratora para lavar a almofariz de porcelana. Todo o tecido macerado
 7 foi colocado em tubo de ensaio envolvido por papel alumínio e refrigerado a 4°C por 24
 8 horas. O sobrenadante foi retirado e colocado em tubo “eppendorf” e centrifugado a
 9 10.000 rpm por dois minutos. Após, foram retirados 500 µL deste para posterior leitura
 10 de comprimento de onda em espectrofotômetro. O espectrofotômetro permitiu a leitura
 11 simultânea dos comprimentos de onda 490, 665 e 649 nm, determinando-se a
 12 absorvância para os carotenóides, clorofila *a* e clorofila *b*.

13 As concentrações dos pigmentos fotossintéticos foram calculadas de acordo com
 14 as equações, como segue:

15 **Concentração de clorofilas** (µmol.m⁻²)

16 $Cl_a = [(12,19 \times A_{665}) - (3,45 \times A_{649}) \mu\text{g.mL}^{-1} \times 1,119 \mu\text{g.mL}^{-1}] \times (v)/s$

17 $Cl_b = [(21,99 \times A_{649}) - (5,32 \times A_{665}) \mu\text{g.mL}^{-1} \times 1,102 \mu\text{g.mL}^{-1}] \times (v)/s$

18 $Cl_{total} = Cl_a + Cl_b$

19

20 **Concentração de carotenóides** (µmol.m⁻²)

21 $C = \{[(1000 \times A_{490}) - (2,14 \times Cl_a) - (70,16 \times Cl_b)]/220\} \times (v)/s$

22 **onde:** v representa o volume da solução em litros; s é a área do disco foliar em m²

23

1 Estas análises foram realizadas para relacionar os valores obtidos no SPAD-502
 2 aos valores oriundos do espectrofotômetro, mediante análise de regressão e correlação
 3 linear de Pearson. Os genótipos e a cv. Mott foram agrupados por apresentarem
 4 comportamento muito semelhante para as relações estudadas e, desta forma,
 5 determinou-se uma única equação de regressão para todas as forrageiras avaliadas.

6

7

RESULTADOS E DISCUSSÃO

8

9 A concentração da clorofila *a* e *b* em função dos valores de SPAD-502 mostraram
 10 comportamento quadrático, sendo que a clorofila *a* atingiu sua concentração máxima
 11 com valores de SPAD-502 de até 35 com redução a partir deste valor. A clorofila *b*, ao
 12 contrário da clorofila *a*, teve incrementos mais acentuados a partir deste ponto (SPAD-
 13 502 igual a 35). Desta forma, houve uma complementariedade entre as relações de
 14 clorofila *a* e *b*, em função dos valores de SPAD-502 (Figuras 1 e 2).

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

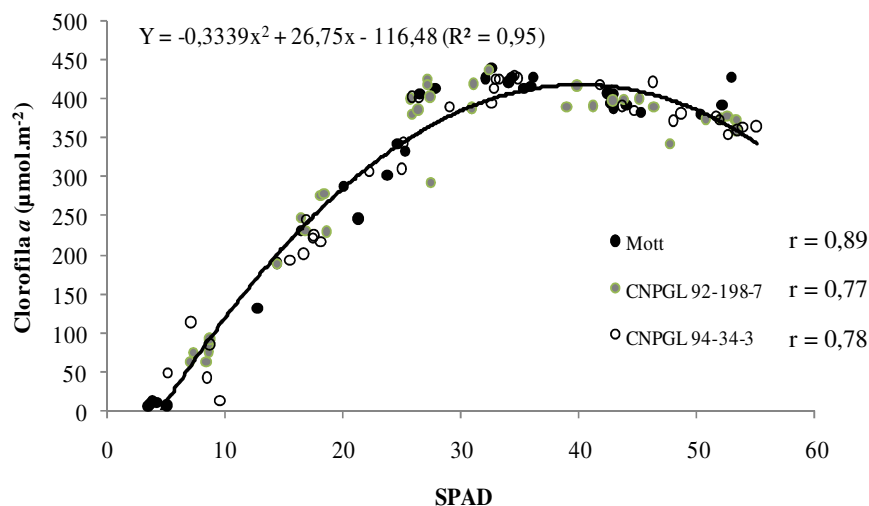
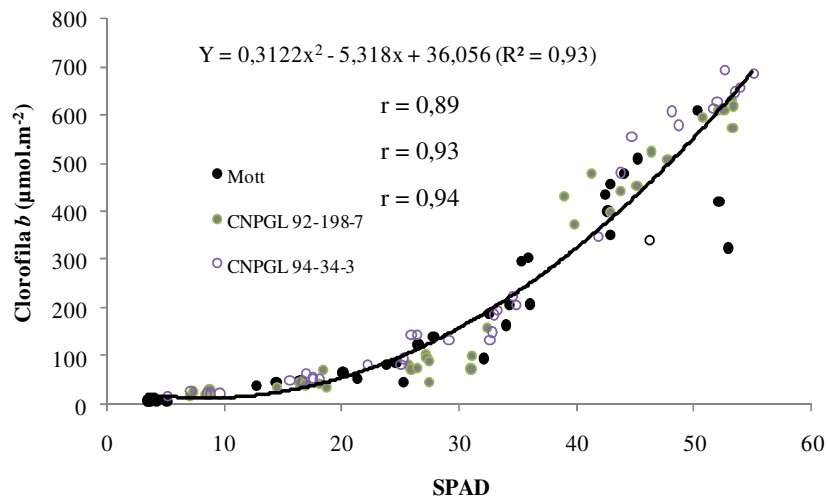


Figura 1: Relação entre a concentração de clorofila *a* e os valores de SPAD-502 em genótipos de capim-elefante anão e a cv. Mott.

1
2
3
4
5
6
7
8
9



10
11
12
13

Figura 2: Relação entre a concentração de clorofila *b* e os valores de SPAD-502 em genótipos de capim-elefante anão e a cv. Mott

14
15
16
17
18

Foi observada elevada correlação positiva entre a concentração de clorofila total e os valores de SPAD-502 para a cv. Mott ($r = 0,91$) e os genótipos CNPGL 92-198-7 ($r = 0,99$) e CNPGL 94-34-3 ($r = 0,99$). Desta forma, o maior conteúdo de antocianina presente no genótipo CNPGL 94-34-3 não influenciou na determinação da estimativa indireta da concentração de clorofila total.

19
20
21
22
23
24
25
26

O comportamento linear entre a relação das leituras de SPAD-502 e a concentração total de clorofila é mostrado na Figura 3. O genótipo CNPGL 94-34-3, apesar de apresentar coloração arroxeada, devido à maior concentração de antocianina, possui conteúdo de clorofila total semelhante ao dos outros genótipos. Os valores encontrados neste estudo corroboram os de Schaper & Chacko (1991), os quais obtiveram comportamento linear entre os valores de SPAD-502 e o conteúdo de clorofila total. Torres Netto et al. (2002), em experimento com duas cultivares de mamão, também encontraram alta relação entre os valores de SPAD-502 e o conteúdo

1 de clorofila total, entretanto, esses autores obtiveram comportamento não-linear para
2 melhor representação dos dados.

3 Salla et al. (2007), avaliando a correlação da concentração de clorofila
4 determinada em espectrofotômetro e pelo SPAD-502, observaram que o uso do SPAD-
5 502 não foi eficiente para todas as espécies estudadas, devendo ser amparado por estudo
6 prévio para cada espécie avaliada.

7

8

9

10

11

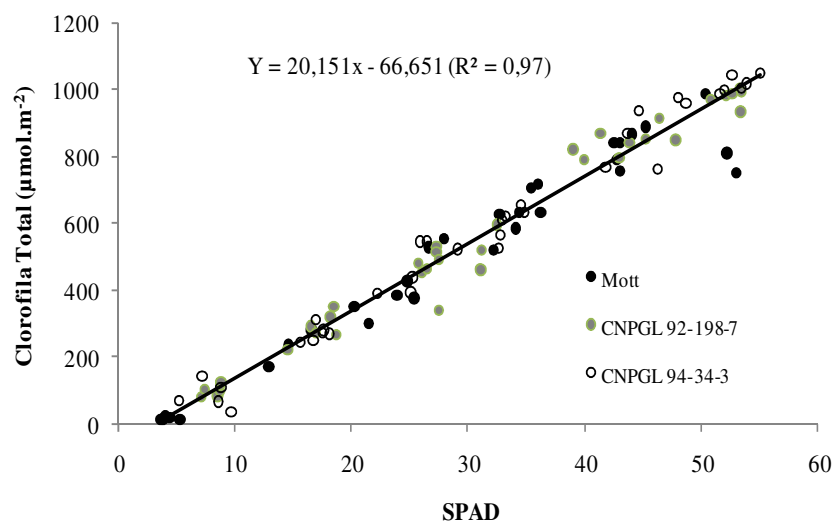
12

13

14

15

16



17 **Figura 3:** Relação entre a concentração de clorofila total e os valores de SPAD-502 em
18 genótipos de capim-elefante anão e a cv. Mott

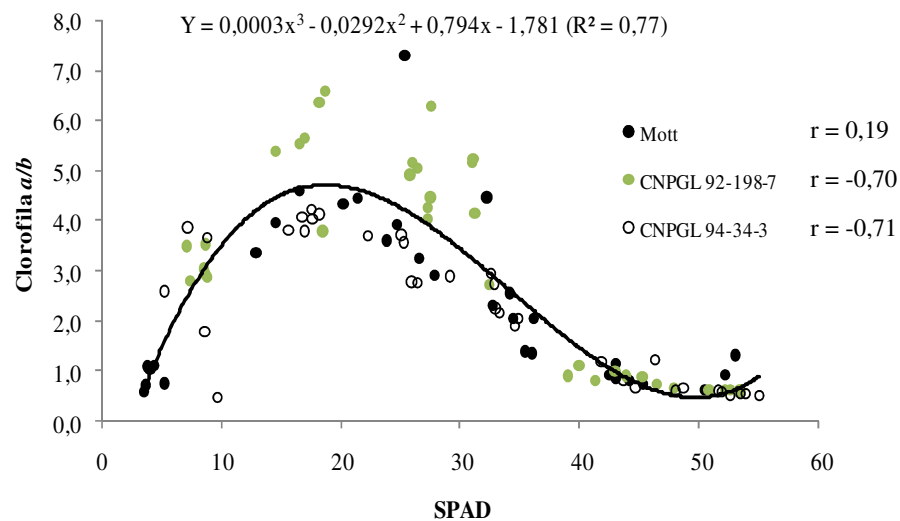
19

20 Segundo Wolf (1956), a clorofila *a*, com o aumento da maturidade da folha, é
21 mais intensamente degradada que a clorofila *b*. Isto explica a queda na relação clorofila
22 *a/b*, com o aumento dos valores de SPAD-502 (Figura 4), visto que folhas maduras
23 apresentaram maiores valores de SPAD-502, quando comparadas aos das folhas jovens
24 e folhas senescentes.

25 A razão entre a concentração de clorofila *a* e concentração de clorofila *b* nas
26 plantas tem sido usada como indicador de respostas à sombra e de estágios iniciais de

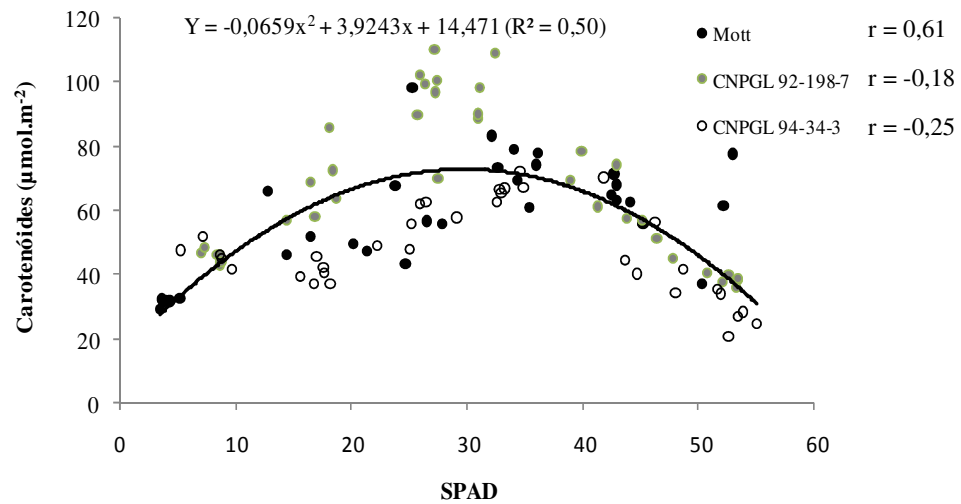
1 senescência (Brown et al., 1991). Os resultados indicaram que o teor de clorofila *b* foi,
 2 de maneira geral, de 1/2 a 1/5 o de clorofila *a*, variando de acordo com a intensidade de
 3 verde da folha. Estes dados são semelhantes aos determinados por Hall & Hao (1994) e
 4 Monteith (1978).

5 A relação entre o conteúdo de carotenóides e leituras de SPAD-502 é mostrada na
 6 Figura 5. Pode-se observar que o genótipo CNPGL 92-198-7 apresentou maior
 7 conteúdo de carotenóides correspondente à faixa de leituras de SPAD-502 de 20 a 40.
 8 Silva et al. (2001), estudando as características fotossintéticas de oito genótipos de
 9 capim-elefante, verificaram que incrementos na concentração de carotenóides, em geral,
 10 estão associados a aumentos na concentração de clorofila total.



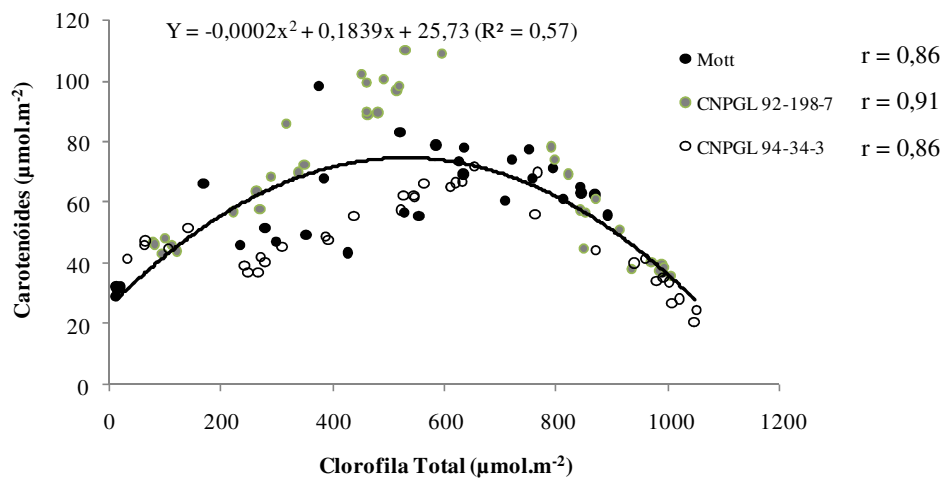
24 **Figura 4:** Relação entre a concentração de clorofila *a/b* e os valores de SPAD-502 em
 25 genótipos de capim-elefante anão e a cv. Mott.

26
 27
 28
 29
 30



14 **Figura 5:** Relação entre a concentração de carotenóides e os valores de SPAD-502 em
15 genótipos de capim-elefante anão e a cv. Mott.

16
17 Neste experimento, foi observado um comportamento quadrático para a relação
18 entre clorofila total e carotenóides (Figura 6).



31 **Figura 6:** Relação entre a concentração de carotenóides e clorofila total em genótipos
32 de capim-elefante anão e a cv. Mott

33

1 A relação entre estes pigmentos reflete as funções dos carotenóides que, além de
2 coletores de luz, são fotoprotetores, preservando as clorofilas da destruição oxidativa,
3 quando há excesso de energia captada. A razão entre a concentração de clorofila total e
4 a concentração de carotenóides tem sido também utilizada como indicador de
5 senescência (Hendry & Price, 1993). Alterações nas relações clorofila/carotenóides são
6 indicadores de perturbações ocorridas nas plantas, provocados por fatores ambientais,
7 tais como: déficit hídrico elevado, baixa temperatura e alta luminosidade.

8

9

CONCLUSÕES

10

11 O medidor de clorofila SPAD-502 possibilitou uma rápida e eficaz estimativa do
12 conteúdo de clorofila total, clorofila *a* e clorofila *b* na cv. Mott e nos genótipos de
13 capim-elefante anão CNPGL 92-198-7 e CNPGL 94-34-3. O estudo de relação entre as
14 leituras de SPAD-502 e o conteúdo de carotenóides nestas forrageiras, apresentou
15 coeficiente de determinação baixo, portanto, não é recomendável utilizar as leituras de
16 SPAD-502 para a determinação deste pigmento. O conteúdo de antocianina do genótipo
17 CNPGL 94-34-3 não afetou a estimativa dos seus valores de clorofila *a* e *b*, utilizando-
18 se o SPAD-502.

LITERATURA CITADA

- 1
2
3 BROWN, S.B.; HOUGHTON, J.D.; HENDRY, G.A.F. **Chlorophyll breakdown**. In:
4 SCHEER H. (ed.), *Chlorophylls*, Boca Raton: CRC Press. p.465-489, 1991.
5
6 GIL, P.T.; FONTES, P.C.R.; CECON, P.R.; FERREIRA, F.A. Índice SPAD para o
7 diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade da batata.
8 **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 611-615, 2002.
9
10 GUIMARÃES. T.G.; FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G.; et al. Teores de clorofila
11 determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas
12 de tomateiro cultivado em dois tipos de solo. **Bragantia**, v.58, n.1, p.209-216, 1999.
13
14 HALL, D.O.; RAO, K.K. **Photosynthesis**. Cambridge:University Press. 1994. 93p.
15
16 HENDRY, G.A.F.; PRICE, A.H. **Stress indicators: chlorophylls and carotenoids**. In:
17 HENDRY, G.A.F., GRIME, J.P. (eds.), *Methods in comparative plant ecology*,
18 Chapman & Hall, London. p.148-152, 1993.
19
20 MARENCO, R.A. & LOPES, N.F. 2005. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração,**
21 **relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa-MG, Editora UFV. 451p.
22
23 MONTEITH, J.L. Reassessment of maximum growth rates for C3 and C4 crops.
24 **Experimental Agriculture**, v.14, p.1-5, 1978.
25
26 SALLA, L.; RODRIGUES, J.C.; MARENCO, R.A. Teores de clorofila em árvores
27 tropicais determinados com o SPAD-502. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5,
28 supl. 2, p. 159-161, 2007
29
30 SILVA, M.M.P.; MALDONADO, H.V.; BRESSAN-SMITH, R. E.; et al. Diferenças
31 Varietais nas Características Fotossintéticas de *Pennisetum purpureum* Schum.
32 **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1975-1983, 2001.
33
34 SWIADER, J.M.; MOORE, A. SPAD - chlorophyll response to nitrogen fertilization
35 and evaluation of nitrogen status in dryland and irrigated pumpkins. **Journal of**
36 **Plant Nutrition**, v.25, p.1089-1100, 2002.
37
38 TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Trad. de E.R. Santarém. Porto Alegre:
39 Artmed, 2004. 719p.
40
41 TORRES NETTO, A.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, J.G.; et al. Portable
42 chlorophyll meter for the quantification of photosynthetic pigments, nitrogen and the
43 possible use for assessment of the photochemical process in *Carica Papaya* L. **Braz.**
44 **Journal Plant Physiology**, v.14, n.3, p.203-210, 2002.
45
46 WOLF, F.T. Changes in chlorophylls a and b in autumn leaves. **American Journal of**
47 **Botany**, v.43, p.714-718, 1956.
48

1 ZOTARELLI, L.; CARDOSO, E.G.; PICCINI, J.L.; et al. **Calibração do medidor de**
2 **clorofila Minolta SPAD-502 para uso na cultura do milho.** Rio de Janeiro:
3 Embrapa Agrobiologia, 2002. 4p. (Comunicado técnico, 55).
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46

1 **Degradação ruminal *in situ* e estimativa de consumo**
2 **de genótipos de capim-elefante anão**

3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34

Resumo - O objetivo deste estudo foi avaliar a degradação ruminal *in situ* da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN), bem como, estimar o consumo de matéria seca de genótipos de capim-elefante anão em diferentes intervalos de corte. Os tempos de incubação no ambiente ruminal foram 0, 3, 6, 12, 24, 36, 48, 72, 96 e 144 horas. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com três repetições (animais), dois genótipos de capim-elefante anão (CNPGL 94-34-3, CNPGL 92-198-7) e a cultivar Mott, avaliados em intervalos de corte de 14, 28, 42, 56, 70 e 84 dias, em um esquema em parcelas subdivididas. Os parâmetros de degradação da MS e FDN, bem como, suas degradabilidades potencial e efetiva, não apresentaram grande variação em relação à cv. Mott e os genótipos CNPGL 94-34-3 e CNPGL 92-198-7, entretanto, reduziram substancialmente com o aumento da maturidade da planta para todos os genótipos. As estimativas de consumo geradas por duas equações se adequaram a estes alimentos.

Palavras-chave: degradabilidade, estimativa de consumo, forrageira, intervalo de corte
rúmen

1 ***In situ* degradability and intake prediction of the dwarf**
2 **elephant grass genotypes**

3
4
5
6
7 **Abstract** - The *in situ* rumen degradation of dry matter (DM) and neutral
8 detergent fiber (NDF) and the estimated the DM intake of dwarf elephant grass
9 genotypes in different cutting intervals, were studied. The incubation periods in the
10 rumen environment were 0, 3, 6, 12, 24, 36, 48, 72, 96 and 144 hours. The experimental
11 design was a randomized block with three replicates (animals), two dwarf elephant
12 grass genotypes (CNPGL 94-34-3 e CNPGL 92-198-7) and the cv. Mott, with cutting
13 intervals of 14, 28, 42, 56, 70 and 84 days, in a split plots design. The parameters of
14 DM and NDF degradation, and its potential and effective degradabilities did not show
15 great variation in relation to cv. Mott and the CNPGL 94-34-3 and CNPGL 92-198-7
16 genotypes, however, decreased substantially with the plant maturity increasing for all
17 forage. Estimates of intake generated by two equations were considered valid for these
18 feeds.

19
20 Key words: cutting intervals, degradability, estimated intake, forage, rumen

21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34

INTRODUÇÃO

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25

O valor nutricional dos alimentos utilizados na alimentação dos ruminantes, além da avaliação da composição bromatológica, tem sido determinado por ensaios de digestibilidade que objetivam descrever os eventos digestivos em determinado compartimento do trato gastrintestinal. Os métodos para estudar a degradabilidade ruminal dos alimentos, apesar de serem utilizados há muitas décadas, têm se desenvolvido consideravelmente nos últimos anos. O interesse dos pesquisadores da área tem sido direcionado ao aperfeiçoamento de técnicas laboratoriais existentes, bem como, à produção de técnicas mais precisas.

A técnica *in situ* para avaliação e caracterização dos alimentos foi citada pela primeira vez no final dos anos de 1930 (Huntington & Givens, 1995) e tem sido amplamente difundida em função de sua simplicidade e baixo custo. A explicação para os benefícios do uso desta técnica está na habilidade de padronizar as variações, associadas com sua condução entre laboratórios (Soares, 2007). A cinética da degradação ruminal, determinada por meio da técnica do saco de náilon (*in situ*), foi proposta por Mehrez & Ørskov (1977). Esta técnica vem sendo amplamente utilizada e é a base para predição da digestão em vários sistemas de avaliação de alimentos.

A técnica *in situ* permite o contato íntimo do alimento-teste com o ambiente ruminal, não existindo melhor forma de simulação do ambiente ruminal para dado regime alimentar, embora o alimento não esteja submetido a todos os eventos digestivos, como mastigação, ruminação e passagem (Nocek, 1988). Essa técnica requer a utilização de animais fistulados no rúmen, para que os sacos sejam incubados por determinados períodos de tempo. A determinação do valor nutritivo *in situ* permite obter valores mais próximos dos encontrados com os ensaios *in vivo*.

1 Apesar de fornecer valores confiáveis, esta técnica possui limitações, como a ação
2 filtrante do tecido de náilon, que permite a passagem de pequenas partículas em ambos
3 os sentidos (Van Soest, 1994). Os valores obtidos, nos estágios iniciais da digestão,
4 devido à perda de peso reduzida e à aderência de microrganismos, principalmente em
5 forrageiras de baixa qualidade, pode levar a uma distorção dos resultados, gerando uma
6 superestimação da fermentação (Getachew et al., 1998).

7 Para que essas fontes de erros sejam minimizadas e para que haja uma
8 padronização na aplicação da técnica, Nocek (1988) sugeriu que algumas adaptações
9 fossem feitas nas etapas envolvidas no procedimento da digestão ruminal *in situ*. Ao se
10 interpretar o resultado, é necessário certa cautela, pois, com a técnica *in situ* de bolsas
11 de náilon, mede-se o desaparecimento e supõe-se que esse desaparecimento de material
12 seja a degradação (Soares, 2007). Entretanto, a despeito de preocupações manifestadas
13 quanto à sua padronização, a técnica *in situ* tem sido, por fatores inerentes à
14 simplicidade, amplamente usada para estimar os parâmetros de degradação ruminal dos
15 alimentos (Lopes et al. 2003).

16 O consumo de matéria seca (MS) é o fator mais importante para o desempenho
17 animal, visto ser o primeiro ponto determinante do ingresso de nutrientes,
18 principalmente, energia e proteína, necessários ao atendimento das exigências de
19 manutenção e de produção do animal (NOLLER et al., 1996). No entanto, existe uma
20 grande dificuldade de se avaliar este consumo devido a fatores relacionados ao animal,
21 ao ambiente e ao alimento, são difíceis de serem analisados separadamente
22 (MERTENS, 1994).

23 O objetivo deste estudo foi avaliar a cinética de degradação *in situ* da MS e FDN,
24 bem como, estimar o consumo de MS mediante equações de predição propostas na

1 literatura, para genótipos de capim-elefante anão, submetidos a diferentes intervalos de
2 corte.

3 MATERIAL E MÉTODOS

4
5 O experimento foi conduzido nas instalações do Setor de Forragicultura e
6 Nutrição de Ruminantes do Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal, pertencentes
7 ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte
8 Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), no município de Campos dos Goytacazes,
9 localizado a 21°44'47" de latitude sul, 41°18'24" de longitude oeste e 11 m do nível do
10 mar da região fisiográfica do norte do estado do Rio de Janeiro/Brasil.

11 As forrageiras foram cortadas a 0,30 m do solo, durante a estação das chuvas e,
12 amostras representativas foram pré-secas em estufa ventilada a 65°C durante 72 horas.
13 Posteriormente, foram moídas para atingirem a granulometria de 5 mm. As amostras
14 das forrageiras em diferentes idades de corte foram incubadas em bovinos mestiços
15 (Holandês x Zebu) machos-castrados com fístulas no rúmen, submetidos a uma dieta
16 básica de capim-elefante picado e concentrado na proporção de 70:30 com base na
17 matéria seca, balanceados para atingirem a exigência de manutenção dos animais. O
18 método utilizado foi o descrito por Nocek (1988), com os seguintes tempos de
19 incubação no ambiente ruminal: 0, 3, 6, 12, 24, 36, 48, 72, 96 e 144 horas. Sacos de
20 náilon (10 x 15 cm e porosidade de 50 µm) contendo aproximadamente 20 mg de
21 amostras por cm² foram introduzidos no rúmen.

22 Após cada tempo de incubação, os sacos de náilon com as amostras foram
23 retirados, sendo imediatamente lavados e secos em estufa ventilada a 65°C por 72 horas.
24 Uma vez secos, foram pesados para determinação da degradabilidade da MS. Logo
25 após, uma fração de cada amostra do resíduo foi submetida à ação de detergente neutro

1 para a determinação da FDN, de acordo com a metodologia proposta por Van Soest et
2 al. (1985).

3 A perda de peso observada em cada tempo de incubação foi considerada como
4 degradabilidade potencial (Dp). Os parâmetros de cinética de degradação ruminal da
5 MS foram ajustados, utilizando-se, para descrição matemática, o modelo de degradação
6 percentual do alimento, sugerido por Ørskov & McDonald (1979) e McDonald (1981),
7 como segue:

$$8 \quad Dp(t) = a + b(1 - e^{-ct})$$

9 **onde:** *a* corresponde à fração solúvel, *b* à fração potencialmente degradável e *c* é a taxa
10 constante de degradação da MS.

11 Para o cálculo da degradabilidade efetiva da MS (De), foi utilizada a equação
12 proposta por Ørskov & McDonald (1979).

$$13 \quad De = a + (bc)/(c+k)$$

14 **onde:** *k* representa a taxa de passagem, adotando-se as taxas de 0,02; 0,05 e 0,08/h, de
15 acordo com o AFRC (1993), correspondentes aos valores médios para animais em
16 manutenção, médios e altos níveis de produção, respectivamente.

17

18 Em relação a degradabilidade da FDN, utilizou-se a equação proposta por Mertens
19 & Loften (1980), como segue:

$$20 \quad DFDN = b \times e^{-kd(t-L)} + I, t > L$$

21 **onde:** *b* é a fração potencialmente degradável, *kd* é a taxa constante de degradação da
22 fração *b*, *L* o tempo de latência (h) e *I* corresponde à fração não-degradável da FDN.

23

1 Após o ajuste das equações para a degradação da FDN, procedeu-se à
2 padronização de frações, segundo a proposição de Waldo et al. (1972), conforme as
3 equações:

$$4 \quad b_p = b/b+I \times 100$$

$$5 \quad I_p = I/b+I \times 100$$

6 **onde:** b_p é a fração potencialmente degradável padronizada (%) e I_p é a fração não
7 degradável padronizada (%) da FDN.

8

9 Para a determinação do consumo estimado de MS, foram utilizadas as equações
10 propostas por Madsen et al. (1997), que usam parâmetros de degradação da FDN e a
11 variável taxa de passagem no rúmen para estimar o rúmen fill, como segue:

12

$$13 \quad \text{Fill} = [(1-a-b)/k + b/(c + k)]/24$$

$$14 \quad \text{CFDN (kg/dia)} = \text{capacidade do rúmen (kg de FDN)/Fill (dias)}$$

$$15 \quad \text{CMS} = (1/\text{FDN (\%MS)} \times \text{CFDN})$$

16

17 **onde:** a é o intercepto com o eixo Y; b é a fração insolúvel, mas potencialmente
18 degradável; c é a taxa de degradação (%h); k representa a taxa de passagem (%h). Para
19 o cálculo da capacidade do rúmen, utilizaram-se o teor de FDN da forrageira e o
20 consumo de matéria seca, este como 1,2% do peso vivo. Adotou-se o peso vivo de 300
21 kg para esta estimativa.

22

23 Os parâmetros de degradação da MS foram utilizados nas equações sugeridas por
24 Orskov et al. (1988) (1), Shem et al. (1995) (2) e Von Keyserlingk & Mathison (1989)
25 (3), como segue:

1 indigerível na célula vegetal. Este comportamento já foi relatado por diversos autores
2 com capim-elefante, como os trabalhos de Vieira (1997) e de Silva et al. (2007).

3 Morenz (2000), avaliando os capins Canarana, Acroceres, Hemarthria e Tifton-85
4 aos 14, 28 e 56 dias de rebrota, observou redução de 15 a 20% na degradabilidade
5 potencial entre a menor e maior idade de corte. Neste estudo, a redução observada na
6 Dp da MS foi de 11,4, 12,2 e 17,8% entre os intervalos de corte de 14 e 84 dias para a
7 cv. Mott e os genótipos CNPGL 94,34-3 e CNPGL 92-198-7, respectivamente. A maior
8 redução observada para o genótipo CNPGL 92-198-7 deve-se, provavelmente, ao fato
9 de apresentar maior proporção de colmo e, conseqüentemente, de FDN, nos intervalos
10 de corte mais avançados do que a dos demais genótipos. Silva et al. (2007) avaliaram o
11 valor energético do capim-elefante e obtiveram valores de Dp que variaram de 79,9 a
12 64,7% para as idades de rebrota de 33 a 93 dias, respectivamente. Os dados deste estudo
13 são inferiores aos do presente trabalho, provavelmente, pelo fato de estes autores terem
14 trabalhado com cultivares de porte alto, em que a proporção de colmo é maior, levando
15 a menores taxas de degradação da fibra e à maior redução com o aumento da
16 maturidade da planta (19,0%).

17 Moore & Miller (1988) e Gaillard (1962) sugeriram ser a diferença, na
18 composição da parede celular, a explicação da menor digestibilidade do caule em
19 relação à das folhas, e que a proporção de carboidratos da parede celular e seu conteúdo
20 de lignina são os fatores que mais afetam a redução da qualidade das gramíneas
21 tropicais.

22 A taxa de degradação da MS mostrou pouca variação com o avanço da
23 maturidade da planta. Entretanto, para todas as forrageiras e intervalos de corte, esta
24 taxa foi superior a 0,025/h, o que beneficia seus valores de degradabilidade efetiva,
25 segundo Rodrigues et al., (2004). A degradabilidade efetiva da MS diminuiu

1 significativamente com o aumento da maturidade e da taxa de passagem, entretanto, não
 2 foi observada diferença entre as forrageiras estudadas. Forrageiras mais novas
 3 apresentam maior teor protéico e menor teor de FDN do que aquelas em idades mais
 4 avançadas, o que permite uma ação mais eficiente dos microrganismos ruminais sobre o
 5 alimento.

6

7 **Tabela 1:** Estimativa dos parâmetros de degradação da matéria seca (a = fração solúvel,
 8 b = fração potencialmente degradável e c = taxa de degradação da fração b),
 9 degradabilidade potencial (Dp) e degradabilidade efetiva (De) da cv. Mott e de
 10 genótipos de capim-elefante anão em diferentes intervalos de corte.

Idade de corte	Degradabilidade da MS (%)				De (%)		
	a	b	c	Dp (%)	0,02	0,05	0,08
Capim-elefante anão cv. Mott							
14	17,35	68,42	0,0477	85,70	65,57	50,77	42,92
28	16,09	66,94	0,0487	82,97	63,55	49,13	41,44
42	14,22	65,20	0,0416	79,07	57,60	43,29	36,13
56	16,27	63,85	0,0442	80,02	60,26	46,26	39,02
70	14,70	62,13	0,0420	76,67	56,76	43,05	36,08
84	16,71	59,73	0,0359	75,89	54,71	41,43	35,04
CNPGL 94-34-3							
14	16,75	69,17	0,0415	85,72	63,20	48,09	40,36
28	16,12	66,25	0,0488	82,32	61,80	48,85	41,23
42	13,30	65,34	0,0431	78,50	60,40	43,55	36,18
56	17,52	61,14	0,0463	78,56	59,00	46,78	39,83
70	14,26	62,26	0,0432	76,40	57,60	43,11	36,08
84	17,40	57,94	0,0429	75,22	56,20	44,16	37,63
CNPGL 92-198-7							
14	19,87	65,98	0,0459	85,71	65,66	51,33	43,84
28	18,32	65,93	0,0473	84,18	64,67	50,39	42,84
42	21,72	59,31	0,0412	80,84	61,56	48,46	41,85
56	16,89	63,81	0,0440	80,59	60,78	46,79	39,57
70	15,48	63,28	0,0472	78,65	59,76	46,07	38,86
84	17,71	52,82	0,0469	70,45	54,61	43,16	37,15

11

1 A redução do tempo de permanência do alimento no trato gastrointestinal, com o
2 aumento da taxa de passagem, proporciona menor ação dos microrganismos ruminais e,
3 com isso, maior escape de carboidratos e proteínas da fermentação ruminal, com o
4 aumento do fluxo destes nutrientes para o intestino delgado (Pereira et al., 2005).

5 Os parâmetros estimados b, kd, I e L da equação proposta por Mertens & Loften
6 (1980), padronizados de acordo com Waldo et al. (1972), para as forrageiras e
7 intervalos de corte avaliados são apresentados na Tabela 2.

8 A fração não-degradável aumentou em 65,9; 73,3 e 62,4% entre o menor e o
9 maior intervalo de corte para a cv. Mott e os genótipos CNPGL 94-34-3 e CNPGL 92-
10 198-7, respectivamente. Este fato influenciou negativamente, reduzindo a fração
11 potencialmente degradável das forrageiras. O genótipo que apresentou maior redução na
12 fração b foi aquele que teve menor aumento na proporção do colmo com o aumento da
13 maturidade da planta, o que não era esperado. Entretanto, em valores absolutos, aquele
14 com maior fração I, genótipo CNPGL 92-198-7, corresponde ao genótipo com maior
15 teor de FDN e de lignina,.

16 Silva et al. (2007), trabalhando com capim-elefante de porte alto, obtiveram
17 aumento da fração I de aproximadamente 60% entre as idades de rebrota de 33 e 93
18 dias, com valores absolutos variando de 23,9 para 38,3%, superiores aos do presente
19 estudo. Os dados deste estudo são inferiores aos de Campos et al. (2006) que,
20 compararam diferentes volumosos e espécies animais, obtiveram, na espécie bovina,
21 valores da fração I da FDN de 33,4%, entretanto, estes autores trabalharam com silagem
22 de capim-elefante.

23 A latência (L) mostrou pouca variação em relação às forrageiras avaliadas e em
24 função do avanço da maturidade da planta. Vieira et al. (1997), avaliando o capim-
25 elefante nas idades de corte de 61 e 82 dias, obtiveram valores de 74,4 e 58,8%, 22,0 e

1 41,2%, 4,7 e 4,6 (%h⁻¹) e 3,1 e 2,9 (h⁻¹), para os parâmetros b, I, kd e L da degradação
 2 da FDN, respectivamente. Pode-se observar que a variação constatada por estes autores
 3 é maior do que a verificada neste estudo entre os intervalos de corte de 56 e 84 dias.
 4 Este fato ocorreu, provavelmente, devido ao uso do capim-elefante de porte alto, que
 5 possui maior participação de colmo do que a cv. Mott e os genótipos CNPGL 94-34-3 e
 6 CNPGL 92-198-7.

7

8 **Tabela 2:** Estimativa dos parâmetros (b = fração potencialmente degradável da FDN,
 9 kd = taxa constante de degradação da fração b, I = fração não degradável da FDN e L =
 10 tempo de latência) de degradação da FDN da cv. Mott e de genótipos de capim-elefante
 11 anão em diferentes intervalos de corte.

Intervalo de corte	Parâmetros				R ²
	b	kd	I	L	
Capim-elefante anão cv. Mott					
14	85,45	0,0554	14,55	2,6630	0,99
28	80,39	0,0550	19,61	2,4518	0,99
42	80,36	0,0548	19,64	2,4702	0,99
56	79,32	0,0574	20,68	2,4067	0,99
70	76,65	0,0409	23,35	2,2577	0,99
84	75,85	0,0477	24,15	2,8109	0,98
CNPGL 94-34-3					
14	83,77	0,0453	16,23	2,8649	0,99
28	80,29	0,0566	19,71	2,5591	0,98
42	78,27	0,0508	21,73	2,1425	0,98
56	75,29	0,0508	24,71	2,0520	0,99
70	73,98	0,0547	26,02	2,6350	0,99
84	71,87	0,0498	28,13	1,7860	0,98
CNPGL 92-198-7					
14	81,90	0,0605	18,10	2,5906	0,99
28	80,43	0,0544	19,57	2,6594	0,99
42	80,22	0,0743	19,78	2,7225	0,98
56	78,60	0,0539	21,40	2,2527	0,99
70	77,37	0,0527	22,63	2,6270	0,99
84	70,60	0,0723	29,40	2,5742	0,98

1 As estimativas de consumo, com base nos parâmetros de degradação *in situ* da
2 FDN (Madsen et al. 1997) e da MS (Orskov et al. 1988, Shem et al. 1995 e Von
3 Keyserlingk & Mathison 1989), são apresentadas na Tabela 3.

4 Pode-se observar que as estimativas de consumo tiveram pouca variação entre a
5 cv. Mott e os genótipos CNPGL 94-34-3 e CNPGL 92-198-7, e grande redução com o
6 avanço da maturidade da planta. Este comportamento pode ser explicado pelo aumento
7 da fração I, um dos principais determinantes no efeito do enchimento e, por sua vez, do
8 consumo, aumentando-os à medida que se diminui a fração não-degradável.

9 A maior redução no consumo de MS ocorreu quando se utilizou a equação
10 sugerida por Madsen et al. (1997), que variou em 23,2, 27,9 e 28,6% para os genótipos
11 CNPGL 94-34-3, CNPGL 92-198-7 e para a cv. Mott, respectivamente.

12 As estimativas de consumo determinadas pelas equações sugeridas por Madsen et
13 al. (1997) e Orskov et al. (1988) apresentaram valores semelhantes entre si e de acordo
14 com o esperado, variando de 1,8 a 2,4% PV e 2,1 a 2,5% PV entre os intervalos de corte
15 de 14 e 84 dias para as equações supracitadas, respectivamente.

16 Morenz (2000) observou estimativas de consumo de MS inferiores ao deste
17 experimento, tanto utilizou a equação proposta por Madsen et al. (1997), quanto por
18 Orskov et al. (1988). Destacando-se o intervalo de corte de 28 dias, o consumo
19 observado por Morenz (2000) foi de 5,33, 5,79, 6,01 e 6,30 kg.dia⁻¹ de MS para as
20 forrageiras Tifton-85, Canarana, Hemartria e Acroceres, respectivamente.

21 O consumo de FDN estimado pela equação de Madsen et al. (1997), utilizando o
22 intervalo de corte de 28 dias como referência, foi de 1,4% P.V. para todas as forrageiras
23 avaliadas. Soares et al. (2008), trabalharam com capim-elefante aos 30 dias de idade,
24 obtiveram valores estimados de consumo de FDN, utilizando esta equação de 2,4% do
25 P.V. Entretanto, o valor de consumo de FDN determinado diretamente por meio de

1 comedouros automáticos (Calan Gates) foi de 1,02% P.V. Assim, estes mesmos autores
 2 concluíram que a equação aplicada não foi adequada para predizer os valores de
 3 consumo de FDN a partir dos parâmetros da degradação ruminal.

4

5 **Tabela 3:** Estimativa do consumo diário de MS (kg) de genótipos de capim-elefante
 6 anão em diferentes intervalos de corte, quando se utilizaram as equações propostas
 7 pelos diversos autores.

Estimativa de Consumo de MS (kg.dia ⁻¹)				
Intervalo de corte	Madsen et al. (1997)	Orskov et al. (1988)	Shem et al. (1995)	Von Keyserlingk & Mathison (1989)
Capim-elefante anão cv. Mott				
14	7,27	7,54	4,17	3,17
28	6,43	7,37	3,70	3,11
42	6,66	6,81	2,90	2,78
56	6,10	6,97	3,35	2,88
70	5,08	6,64	2,72	2,70
84	5,19	6,36	2,90	2,51
CNPGL 94-34-3				
14	6,79	7,30	3,97	3,00
28	6,59	7,33	3,64	3,08
42	5,95	6,82	2,69	2,79
56	5,97	6,95	3,44	2,88
70	5,60	6,66	2,64	2,72
84	5,21	6,56	3,02	2,67
CNPGL 92-198-7				
14	7,30	7,47	4,55	3,13
28	6,80	7,41	4,16	3,11
42	6,96	6,92	4,28	2,82
56	5,83	7,01	3,51	2,89
70	5,36	6,99	3,13	2,91
84	5,26	6,37	2,66	2,62

8

9 Lima et al. (2001) estimaram o consumo voluntário de capim-tanzânia com
 10 período de descanso da pastagem de 26 dias por vacas em lactação e observaram

1 valores médios de ingestão de MS de 2,3% P.V. para animais sem suplementação de
2 concentrado. Este consumo ficou muito próximo dos valores estimados no presente
3 experimento quando se utilizou a equação proposta por Madsen et al. (1997), aos 28
4 dias de intervalo de corte para cv. Mott e os genótipos de capim-elefante anão.

5 Os valores estimados pelas equações propostas por Shem et al. (1995) e Von
6 Keyserlingk & Mathison (1989) foram muito inferiores aos de Madsen et al. (1997) e
7 Orskov et al. (1988), o que resultou na baixa adequação destas equações para as
8 forrageiras estudadas.

9

10

CONCLUSÕES

11

12 Os parâmetros de degradação ruminal da MS e FDN, bem como, suas
13 degradabilidades potencial e efetiva, não apresentaram grandes variações em relação à
14 cv. Mott e aos genótipos CNPGL 94-34-3 e CNPGL 92-198-7, entretanto, reduziram-se
15 substancialmente com o aumento da maturidade da planta para todas as forrageiras
16 avaliadas. As equações que melhor se adequaram a este trabalho foram as sugeridas por
17 Madsen et al. (1997) e Orskov et al. (1988), por apresentarem valores coerentes com os
18 dados da literatura.

19

20

21

22

23

24

25

LITERATURA CITADA

- 1
2
3 CAMPOS, P.R.S.S.; VALADARES FILHO, S.C.; CECON, P.R.; et al. Estudo
4 comparativo da cinética de degradação ruminal de forragens tropicais em bovinos e
5 ovinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.6,
6 p.1181-1191, 2006.
7
8 GAILLARD, B.D.E. The relationship between cell wall constituents of roughages and
9 the digestibility of the organic matter. **Journal Agriculture Science**, v.59, p.369-
10 373, 1962.
11
12 HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.I. The in situ technique for studying the rumen
13 degradation of feeds: a review of the procedure. **Nutricional Abstracts and**
14 **Review**, v.65, n.2, p. 63-93, 1995.
15
16 PELL, A.N., SCHOFIELD, P., STONE, W.C. Rates of digestion of feeds measured in
17 vitro with computers. **Proc. Cornell Nutr. Conf.**, p.74-81. 1994.
18
19 LIMA, M.L.P.; BERCHIELLI, T.T.; NOGUEIRA, J.R.; et al. Estimativa do Consumo
20 Voluntário do Capim-Tanzânia (*Panicum maximum*, Jacq. cv. Tanzânia) por Vacas
21 em Lactação sob Pastejo Rotacionado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, n.30, v.6,
22 p.1919-1924, 2001.
23
24 LOPES, F.C.F.; AROEIRA, L.J.M.; RODRIGUEZ, N.M.; et al. Degradação ruminal *in*
25 *situ* do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schumack) consumido sob pastejo
26 por vacas mestiças Holandês × Zebu em lactação. **Arquivo Brasileiro de Medicina**
27 **Veterinária Zootecnia**, v.55, n.6, p.694-701, 2003.
28
29 McDONALD, I. A revised model for the estimation of protein degradability in the
30 rumen. **Journal Agricultural Science**, v.96, n.1, p.251-252, 1981.
31
32 MADSEN, J.; HVELPLUND, T.; WEISBJERG, M.R. Appropriate methods for
33 evaluation of tropical feeds for ruminants. **Anim. Feed Science**, v.69, n.2, p.53-66.
34 1997.
35
36 MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S.C.; VIEIRA, R.A.M.; et al. Cinética
37 ruminal de alguns alimentos investigada por técnicas gravimétricas e metabólicas.
38 **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.2, p.370-380, 1998.
39
40 MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. Rate of rumen fermentation in
41 relation to ammonia concentration. **British Journal of Nutrition**, v.38, n.3, p.437-
42 443, 1977.
43
44 MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion in vitro.
45 **Journal Dairy Science**, v.63, p.1437-1446, 1980.
46
47 MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., D.C. (Ed.) Forage
48 quality, evaluation and utilization. Madson: **American Society of Agronomy**.
49 p.450-492, 1994.
50

- 1 MOORE, K.J.; MILLER, D.A. Cell wall composition and digestibility in five species
2 of Brachiaria. **Trop. Agric.**, v.65, p.337-340, 1988.
- 3
- 4 MORENZ, M.J.F. **Frações nitrogenadas, métodos de processamento das amostras e**
5 **degradabilidade in situ de gramíneas tropicais.** Campos dos Goytacazes:
6 Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2000. 68p. Dissertação (Mestrado em
7 Produção Animal), UENF, 2000.
- 8
- 9 NOCEK, J.E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy
10 digestibility: a review. **Journal Dairy Science**, v.71, n.8, p.2051-2069, 1988.
- 11
- 12 NOLLER, C.H.; NASCIMENTO JR., D.; QUEIROZ, D.S. Determinando as exigências
13 nutricionais de animais em pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE
14 PASTAGENS, 13., 1996, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos
15 Agrários Luiz de Queiroz, 1996. p.319-352.
- 16
- 17 ØRSKOV, E.R.; REID, G.W.; KAY, M. Predicting of intake by cattle from
18 degradation characteristics of roughages. **Animal Production**, v.46, n.1, p.29-34.
19 1988.
- 20
- 21 ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen
22 from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal**
23 **Agriculture Science**, v.92, p.499-503, 1979.
- 24
- 25 PEREIRA, E.S.; ARRUDA, A.M.V.; MIRANDA, L.F.; et al. Importância da inter-
26 relação carboidrato e proteína em dietas de ruminantes. **Semina**, v.26, n.1, p.125-
27 134, 2005.
- 28
- 29 RODRIGUES, A.L.P.; SAMPAIO, I.B.M.; CARNEIRO, J.C.; et al. Degradabilidade in
30 situ da matéria seca de forrageiras tropicais obtidas em diferentes épocas de corte.
31 **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.5, p.658-664,
32 2004.
- 33
- 34 SAMPAIO, I.B.M. **Experimental designs and modelling techniques in the study of**
35 **roughage degradation in rumen and growth of ruminant.** 1988. 228f. Thesis
36 (Phylosophy Doctor) - University of Reading, Reading, 1988.
- 37
- 38 SHEM, M.N., ØRSKOV, E.R., KIMAMBO, A.E. Prediction of voluntary dry-matter
39 intake, digestible dry-matter intake and growth rate of cattle from degradation
40 characteristics. **Journal Animal Science**, v.60, n.1, p.65-74, 1995.
- 41
- 42 SILVA, P.A.; VALADARES FILHO, R.F.D.; CECON, P.R.; et al. Valor energético do
43 capim-elefante em diferentes idades de rebrota e estimativa da digestibilidade in
44 vivo da fibra em detergente neutro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e**
45 **Zootecnia**, v.59, n.3, p.711-718, 2007.
- 46
- 47 SOARES, A.P.M. (2007). **Ajuste do modelo de Orskov & Mcdonld (1979) a dados**
48 **de degradação ruminal in situ utilizando mínimos quadrados ponderados.**
49 Piracicaba: Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007. 62p.
50 Dissertação (Mestrado em Agronomia) - ESALQ, 2007.

- 1 SOARES, J.P.G.; BERCHIELLI, T.T.; SALMAN, A.K.D.; et al. Comparações entre
2 equações de predição de consumo de capim-elefante cortado para vacas lactantes.
3 **Archivos de. Zootecnia**, v. 57, n.218,p. 235-246, 2008.
4
- 5 VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University
6 Press. 476p, 1994.
7
- 8 VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. **Analysis of forages and fibrous foods**. Ithaca:
9 Cornell University Press. 202p, 1985.
10
- 11 VIEIRA, R.A.M.; PEREIRA, J.C.; MALAFAIA, P.A.M.; et al. The influence of
12 elephant-grass (*Pennisetum purpureum* Schum., Mineiro variety) growth on the
13 nutrient kinetics in the rumen). **Animal Feed Science Technology**, v.67, p.151-161,
14 1997.
15
- 16 VON KEYSERLINGK, M,A.G.; MATHISON, G.W. Use of the in situ technique and
17 passage rate constants in predicting voluntary intake and apparent digestibility of
18 forrages by steers. **Can. J. Anim. Sci.**, v.69, n.5, p.973-987, 1989.
19
- 20 WALDO, D.R.; SMITH, L.W.; COX, E.L. Model of cellulose disappearance from the
21 rumen. **Journal Dairy Science**, v.55, p.125-129, 1972.
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49