

CARLOS AUGUSTO BRASILEIRO DE ALENCAR

PRODUÇÃO DE SEIS GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS TROPICAIS  
SUBMETIDAS A DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA E DOSES DE  
NITROGÊNIO, NA REGIÃO LESTE DE MINAS GERAIS

Tese apresentada à Universidade  
Federal de Viçosa, como parte das  
exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Agrícola,  
para obtenção do título de *Doctor  
Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL

2007

CARLOS AUGUSTO BRASILEIRO DE ALENCAR

PRODUÇÃO DE SEIS GRAMÍNEAS FORRAGEIRAS TROPICAIS  
SUBMETIDAS A DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA E DOSES DE  
NITROGÊNIO, NA REGIÃO LESTE DE MINAS GERAIS

Tese apresentada à Universidade  
Federal de Viçosa, como parte das  
exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Agrícola,  
para obtenção do título de *Doctor  
Scientiae*.

APROVADA: 29 de junho de 2007.

---

Pesq. Carlos Eugênio Martins  
(Co-Orientador)

---

Prof. Mauro Aparecido Martinez

---

Prof. Dilermando Miranda da Fonseca

---

Pesq. Domingos Sávio Campos Paciullo

---

Prof. Rubens Alves de Oliveira  
(Orientador)

Aos meus pais Antônio Lopes Brasileiro e  
Edna Brasileiro de Alencar.

## **OFEREÇO**

À minha esposa Beatriz Gonçalves Brasileiro, fonte de amor, carinho e companheirismo, mulher mais que especial e a quem muito devo.

Aos meus filhos Vitor Augusto e Laura, que tudo representam em minha vida.

## **DEDICO**

*“Se a posse de um mundo perdeste,  
Não sofras por isso ... não importa!  
Se a posse de um mundo ganhaste,  
Não te alegres por isso ... não importa!  
Passam as dores e os prazeres,  
E tu pelo mundo passas ... não importa!”*

Pensamento Hindu

## AGRADECIMENTOS

Ao nosso Pai Maior, pela vida e oportunidade concedidas.

Aos meus pais, à minha esposa, aos meus filhos, à minha sogra, aos meus irmãos, aos meus cunhados e aos meus sobrinhos, pelo carinho, incentivo e apoio e pela compreensão nos momentos difíceis.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), por intermédio do Departamento de Engenharia Agrícola, pelos valiosos ensinamentos na graduação e no mestrado, imprescindíveis para a minha vida profissional e pela oportunidade de realização do doutorado.

À Embrapa Gado de Leite, pelo apoio e pela oportunidade de convívio com sua “nata”, os embrapianos, em especial aos pesquisadores Rodolfo e Léo.

À Universidade Vale do Rio Doce - UNIVALE, pelo incentivo e apoio.

Ao Professor Everardo Chartuni Mantovani, pela amizade, pelo incentivo e pelos empurrões, os quais permitiram que eu conseguisse obter o Mestrado e agora o Doutorado.

Ao Professor Rubens Alves de Oliveira, pela amizade, orientação e confiança, imprescindíveis durante o Curso.

Aos meus co-orientadores Pesquisadores da Embrapa Gado de Leite Carlos Eugênio Martins (Cacá) e Antônio Carlos Cóser, por terem sido

grandes mestres na área de Manejo de Pastagem e também pela amizade, orientação, confiança e ajuda na condução do experimento de campo, sem a qual teria sido impossível o seu desenvolvimento.

Aos meus co-orientadores Pesquisador Brauliro Gonçalves Leal e Professor Paulo Roberto Cecon, pela amizade, pelas valiosas sugestões e pelos esclarecimentos.

Ao Professor Gilberto Chohaku Sedyama, pela amizade, pelo apoio e pela confiança.

À minha secretária Marisa, pelo companheirismo, incentivo, apoio e carinho.

Aos funcionários da UNIVALE, em especial ao Professor Beto, ao Carlão, Flavinho, Mário, Lafaete, “Seu” Chico e às laboratoristas Cida e Terezinha, pelo apoio e pela atenção durante a montagem do experimento.

Ao meu fiel companheiro Professor Engenheiro Agrícola José Luis de Aguiar Figueiredo, pela ajuda na condução do experimento de campo, pela amizade e pela confiança.

Aos meus amigos feitos durante o curso Fernando, Jair, Delfran, Rafael, Luiz Gustavo “gaúcho”, Marcelo, Adilson, Denise, Mônica, Laboratoristas Chicão e Eduardo, pelo valioso companheirismo e pela preciosa amizade, que também, de certa forma, contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Aos estudantes de iniciação científica Fernando, Fabrício, Douglas, Samarone e Juliano, pela colaboração nos trabalhos experimentais.

Aos meus amigos da Leite Glória, em especial a Amauri (“marajá”), Dilmar, Fernando (“veio”), Geraldo (“gegê”), Luizinho e Renatinho, pelo valioso companheirismo e pela preciosa amizade nos tempos do Departamento de Campo, que também, de certa forma, contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Às empresas que doaram insumos e equipamentos para a área experimental; à Matsuda, em especial ao meu grande amigo Engenheiro-Agrônomo Paulo Coutinho (“Coxa”); à Jato Verde Irrigações, em especial ao seu proprietário Engenheiro Mecânico Mauro Guerra; à Casa da Ração, em

especial ao seu proprietário Sr. Fernando; à Companhia Energética do Estado de Minas Gerais (CEMIG), em especial aos meus amigos Engenheiro-Agrônomo Carlos Magno e Economista Carlos Chaia; e a Fabrimar, Schneider e Fortilit, atual Amanco Brasil, pelo imprescindível apoio.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa Científica (CNPq) e à Fundação de Auxílio à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), pelo suporte financeiro desta pesquisa e pela concessão da bolsa de iniciação científica (BIC).

Aos produtores de leite, cujo convívio foi imprescindível para a minha vida profissional e também a razão deste estudo, pelo estímulo.

Aos meus amigos do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV e da Faculdade de Ciências Agrárias da UNIVALE, por, de alguma forma, terem contribuído para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

CARLOS AUGUSTO BRASILEIRO DE ALENCAR, filho de Antônio Lopes Brasileiro e Edna Brasileiro de Alencar, nasceu em Governador Valadares, MG, em 18 de julho de 1962.

Em março de 1981, ingressou no Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG, concluindo-o em julho de 1985.

Em março de 1986, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em Engenharia Agrícola da UFV, em nível de Mestrado, área de concentração em Irrigação e Drenagem, submetendo-se à defesa da dissertação em dezembro de 1988.

No período de 1988 a 1992, foi pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado de Minas Gerais (Epamig).

No período de 1992 a 1999, foi Supervisor Técnico e Coordenador do Programa de Assistência Técnica ao Produtor Rural do Leite Glória – Produtos Alimentícios Fleischmann e Royal.

Em julho de 2000, ingressou como professor na Universidade Vale do Rio Doce, responsável pela coordenação do Núcleo Avançado Embrapa Gado de Leite – UNIVALE e pelas disciplinas de Armazenamento de Produtos

Agrícolas, Hidráulica e Manejo da Irrigação, Projetos de Irrigação e Drenagem.

No período de 2002 a 2003, foi pró-reitor Administrativo da Universidade Vale do Rio Doce.

No período de 2003 a 2004, foi diretor da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Vale do Rio Doce.

No período de 2005 a 2007, foi membro do Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Estado de Minas Gerais – Crea/MG.

Atua como consultor em Manejo e Projeto de Irrigação em várias empresas agrícolas do País.

Em agosto de 2004, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Doutorado, em Engenharia Agrícola da UFV, área de concentração em Recursos Hídricos e Ambientais, submetendo-se à defesa da tese em junho de 2007.

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. As pastagens .....	3
2.1.1. <i>Pennisetum purpureum</i> cv. Pioneiro.....	3
2.1.2. <i>Cynodon nlemfuensis</i> L. cv. Estrela.....	4
2.1.3. <i>Panicum maximum</i> cv. Tanzânia.....	5
2.1.4. <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça.....	6
2.1.5. <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu .....	6
2.1.6. <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Xaraés.....	8
2.2. Estacionalidade da produção e efeito da irrigação .....	9
2.3. Efeito da irrigação no valor nutritivo de plantas forrageiras .....	15
2.4. Irrigação de pastagens.....	17
2.4.1. Disponibilidade de água para irrigação .....	17
2.4.2. Métodos de irrigação .....	20
2.4.3. Manejo da irrigação .....	22
2.5. Adubação nitrogenada .....	25

	Página
2.6. Sistema radicular e qualidade física do solo.....	26
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1. Área experimental.....	29
3.2. Clima.....	31
3.3. Solo.....	31
3.4. Procedimentos experimentais.....	33
3.4.1. Experimento 1 – Influência das lâminas de água sobre a produção e composição bromatológica de seis gramíneas forrageiras tropicais.....	33
3.4.1.1. Delineamento experimental e análise estatística.....	35
3.4.1.2. Manejo e condução da irrigação.....	37
3.4.1.3. Parâmetros avaliados.....	41
3.4.1.4. Sistema radicular.....	44
3.4.1.5. Compactação do solo.....	46
3.4.2. Experimento 2 – Influência da adubação nitrogenada sobre a produção de seis gramíneas forrageiras tropicais.....	47
3.4.2.1. Delineamento experimental e análise estatística.....	47
3.4.2.2. Manejo e condução da irrigação.....	48
3.4.2.3. Produtividade de matéria seca.....	49
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
4.1. Elementos meteorológicos.....	50
4.2. Manejo da irrigação.....	53
4.3. Compactação do solo.....	54
4.3.1. Densidade do solo.....	54
4.3.2. Taxa de infiltração básica (TIB).....	56
4.4. Experimento 1 – Influência das lâminas de água sobre a produção e composição bromatológica de seis gramíneas forrageiras tropicais.....	57
4.4.1. Produtividade de matéria seca.....	57
4.4.2. Porcentagem de matéria seca.....	64

	Página
4.4.3. Produtividade de matéria verde .....	69
4.4.4. Cobertura do solo.....	74
4.4.5. Altura de planta.....	79
4.4.6. Análise bromatológica e digestibilidade de matéria seca.....	85
4.4.7. Sistema radicular .....	90
4.4.8. Estacionalidade da produção e efeito da irrigação .....	95
4.5. Experimento 2 – Influência da adubação nitrogenada sobre a produção de seis gramíneas forrageiras tropicais.....	96
4.5.1. Produtividade de matéria seca .....	96
5. CONCLUSÕES .....	102
6. REFERÊNCIAS.....	104
ANEXOS .....	118

## RESUMO

ALENCAR, Carlos Augusto Brasileiro de, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2007. **Produção de seis gramíneas forrageiras tropicais submetidas a diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio, na região Leste de Minas Gerais.** Orientador: Rubens Alves de Oliveira. Co-Orientadores: Carlos Eugenio Martins, Antônio Carlos Cóser, Paulo Roberto Cecon e Brauliro Gonçalves Leal.

Este estudo objetivou avaliar a produção de seis gramíneas forrageiras tropicais submetidas a diferentes lâminas de água e adubação nitrogenada, na região Leste de Minas Gerais. Dois experimentos foram conduzidos independentemente, em Cambissolo eutrófico, no período de dois anos: Experimento 1 – Influência de lâminas de água sobre a produção e composição bromatológica de seis gramíneas forrageiras tropicais; e Experimento 2 – Influência da adubação nitrogenada sobre a produção de seis gramíneas forrageiras tropicais. O experimento 1 foi conduzido em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas seis gramíneas, nas subparcelas seis lâminas de irrigação e nas subsubparcelas duas épocas climáticas, no delineamento inteiramente casualizado com duas repetições. As gramíneas foram: Pioneiro (*Pennisetum purpureum*), Estrela (*Cynodon nlemfuensis* L.), Tanzânia (*Panicum maximum*), Mombaça (*Panicum maximum*), Marandu (*Brachiaria brizantha*) e Xaraés (*Brachiaria brizantha*). As lâminas de água, aplicadas por meio da irrigação por aspersão em linha, foram 0, 18, 45, 77, 100 e 120% da lâmina de

referência. As épocas climáticas foram outono/inverno (período seco) e primavera/verão (período chuvoso). A adubação total nesse experimento foi de 50, 150 e 300 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O e N, respectivamente. Foram avaliados: produtividade de matéria verde (MV) e de matéria seca (MS), porcentagem de matéria seca (% MS), altura de plantas, cobertura do solo, teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), densidade do solo, densidade de raiz (DR) e profundidade efetiva do sistema radicular (PE). O experimento 2 foi conduzido em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas um esquema fatorial 4 x 6 (doses de nitrogênio e gramíneas) e, nas subparcelas, as duas épocas climáticas, no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. As gramíneas e as épocas climáticas foram as mesmas do experimento 1, e as doses de nitrogênio foram de 100, 300, 500 e 700 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. O sistema de irrigação utilizado foi aspersão convencional semifixo. Avaliou-se neste experimento apenas a produtividade de MS. Nos dois experimentos foram utilizados animais apenas como “ferramenta de corte”. Os resultados indicaram que: (a) as lâminas médias de irrigação para maximizar a produtividade de MS dos capins Pioneiro, Marandu, Mombaça, Tanzânia, Xaraés e Estrela foram de 672, 672, 560, 448, 448 e 414 mm ano<sup>-1</sup>, respectivamente; (b) as lâminas médias de água, na estação outono/inverno, proporcionaram aumento na produtividade de MS e MV, cobertura do solo e redução da % de MS, enquanto na estação primavera/verão as lâminas de água não afetaram a produtividade de MS, mas proporcionaram aumento da % de MS e na cobertura do solo, bem como redução na produtividade de MV e na altura de planta; (c) o aumento da adubação nitrogenada não proporcionou incremento na produtividade de MS das gramíneas estudadas; (d) a irrigação na estação outono/inverno se mostrou eficaz para romper a estacionalidade na produção de pastagens; (e) o capim-xaraés foi o que apresentou maior produtividade de MS e MV e densidade de raiz; (f) o capim-estrela proporcionou boa cobertura ao solo e foi a que apresentou maior % de MS. No entanto, o capim-pioneiro proporcionou baixa cobertura ao solo e foi a que apresentou menor % de MS; (g) os capins Pioneiro e Xaraés apresentaram as maiores alturas e o capim-marandu, a menor altura; (h) os capins Marandu e Tanzânia apresentaram maior profundidade efetiva das raízes, e os capins Xaraés e Mombaça foram os de sistema radicular mais superficial; (i) as maiores produtividades de MS e MV e as maiores altura de plantas foram obtidas na estação primavera/verão; (j) as

estações do ano não proporcionaram efeito para % de MS, cobertura do solo e FDN; (k) para os capins Mombaça e Marandu, a estação outono/inverno proporcionou maiores teores de PB e DIVMS; (l) o pastejo reduziu em 67% a taxa de infiltração básica do solo; (m) para a região Leste do Estado de Minas Gerais, recomenda-se a *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, possibilitando taxa de lotação média estimada de três vacas ha<sup>-1</sup>, custo de dieta de R\$0,09 por kg de MS ou R\$0,15 por litro de leite.

## ABSTRACT

ALENCAR, Carlos Augusto Brasileiro de, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2007. **Yield of six tropical grasses under different irrigation depths and nitrogen fertilization in Eastern Minas Gerais.** Adviser: Rubens Alves de Oliveira. Co-Advisers: Carlos Eugênio Martins, Antônio Carlos Cóser, Paulo Roberto Cecon and Brauliro Gonçalves Leal.

The objective of this study was to evaluate the yield of six tropical grasses subjected to different irrigation depths and nitrogen fertilization, in Eastern Minas Gerais. Two experiments were carried out independently, in Eutrophic Cambisol, for two years: Experiment 1 - Influence of irrigation depths on yield of six tropical grass; and Experiment 2 - Influence of nitrogen fertilization on yield of six tropical grass. The studied grass species were: Pioneiro (*Pennisetum purpureum*), Estrela (*Cynodon nlemfuensis* L.), Tanzânia (*Panicum maximum*), Mombaça (*Panicum maximum*), Marandu (*Brachiaria brizantha*) and Xaraés (*Brachiaria brizantha*). Experiment 1 received 50, 150 and 300 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O and N respectively as total fertilization, being arranged in a split-split plot, complete randomized design. The applied irrigation depths, using an in-line sprinkler system, were 0, 18, 45, 77, 100 and 120% of the reference water depth. Were appraised:

fresh matter (GM) and dry matter (DM) yields, dry matter percentage (% DM), plant height, soil cover, crude protein level (CP), neutral detergent insoluble fiber (NDIF), *in vitro* true digestibility of dry matter (IVTDDM), soil density, root density (RD) and root effective depth (RED). The experiment 2 was arranged in a split plot, complete randomized design. The nitrogen doses were 100, 300, 500 and 700 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>. The used irrigation system was semi-fixed conventional sprinkling. Only the DM yield was evaluated in this experiment. In the two experiments, the animals were used only as a cutting tool. The results showed that: (a) the irrigation depths, during fall/winter, provided increase in DM, FM, and soil cover and reduction in the % of DM, whereas during spring/summer, the irrigation depths had no effect on DM yield, however, they increased DM % and soil cover and reduced FM yield and plant height; (b) the increase in nitrogen fertilization did not increase the DM yield of the studied grasses; (c) irrigation in the fall/winter period was shown efficient in breaking the seasonality of pasture yield; (d) Xaraés showed the largest yields of DM and FM and root density; (e) Estrela provided good soil cover and had the largest DM %. On the other hand, Pioneiro provided low soil cover and gave the smallest DM %; (f) Pioneiro and Xaraés had the highest plant heights and Marandu the lowest; (g) Marandu and Tanzânia showed the largest root effective depths and Xaraés and Mombaça the most superficial root systems; (h) the highest DM and FM yields and the highest plant heights were obtained in the seasons spring/summer; (i) the seasons had no effect on DM%, soil cover and NDF; (j) the seasons fall/winter provided higher levels of crude protein (CP) and *in vitro* digestibility of DM (IVDDM) for Mombaça and Marandu; (l) grazing reduced the soil basic infiltration rate by 67%.

## 1. INTRODUÇÃO

No Leste do Estado de Minas Gerais, a pecuária de corte e leite exerce forte influência na economia regional. A área de pastagens é expressiva, e frequentemente os pecuaristas renovam suas pastagens. Essa região tem um rebanho de 1,6 milhão de cabeças e 0,6 milhão de hectares de pastagens cultivadas, representando 25% do total desses pastos. Possui uma densidade bovina de 0,7 cabeça por hectare, abaixo da média do Estado (IBGE, 2002).

O processo de intensificação da produção de leite e de carne bovina implica uso de forrageiras com alta capacidade de produção de matéria seca, destacando-se os cultivares dos gêneros *Pennisetum*, *Cynodon*, *Panicum* e *Brachiaria*, devido ao seu elevado potencial produtivo e à sua qualidade. A região Leste do Estado de Minas Gerais apresenta grande potencial para o uso dessas forrageiras. Entretanto, informações disponíveis sobre essas gramíneas, como o manejo da irrigação e as exigências nutricionais para estabelecimento e manutenção em áreas sob irrigação, são, ainda, pouco conhecidas.

Na região semi-árida e no Leste e Nordeste do Estado de Minas Gerais, tem-se notado crescimento expressivo na atividade de pecuária, com crença generalizada na irrigação como ferramenta de manejo para a produção de forragem (ALENCAR, 2002).

As possibilidades de êxito na produção de leite e de carne bovina, no entanto, aumentam significativamente quando se utilizam forrageiras de alto potencial de produção, desde que tenham suas exigências nutricionais e de manejo atendidas, de forma a poder crescer em ritmo acelerado e rebrotar vigorosamente após desfolhações sucessivas (GOMIDE, 1994).

No Brasil, a irrigação de pastagens não tem sido feita de maneira adequada, verificando-se, na maioria das vezes, aplicação excessiva de água, o que resulta em prejuízos ao ambiente, consumo desnecessário de energia elétrica e de água, lixiviação de nutrientes e maior compactação do solo, repercutindo na diminuição da produção e na vida útil da pastagem.

O manejo da irrigação é um recurso para racionalizar a aplicação de água às culturas de maneira complementar às precipitações pluviais, necessitando-se de procedimentos técnicos para determinar o turno de rega e a quantidade de água a aplicar. Assim, a reposição de água ao solo por meio da irrigação, na quantidade adequada e no momento oportuno, é decisiva para o sucesso da intensificação da produção das culturas.

Apesar da importância da água e do nitrogênio nos aspectos quantitativos e qualitativos dos pastos, poucos estudos foram conduzidos no Brasil definindo as dosagens ideais desses fatores. Focalizando os fatores água e nitrogênio e com base no fato de que as plantas absorvem nutrientes por meio da solução do solo, devem existir uma lâmina de água e uma dose de nitrogênio acima ou abaixo da qual a produtividade diminui. Neste trabalho, objetivou-se obter as lâminas de água e doses de nitrogênio para otimizar a produção de seis gramíneas forrageiras tropicais: *Pennisetum purpureum* cv. Pioneiro, *Cynodon nlemfuensis* L. cv. Estrela, *Panicum maximum* cv. Tanzânia, *Panicum maximum* cv. Mombaça, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés, nas condições edafoclimáticas da região Leste do Estado de Minas Gerais.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. As pastagens**

As pastagens têm grande importância para a produção bovina no Brasil, somando-se um total de 105 milhões de hectare de áreas cultivadas para um rebanho de 176 milhões de cabeças. A pujança desse setor reflete-se positivamente nas atividades econômicas e sociais do País. Apesar desses avanços, a taxa média de lotação animal das pastagens brasileiras é de aproximadamente 0,54 unidade animal por hectare (UA ha<sup>-1</sup>) (IBGE, 2002).

#### **2.1.1. *Pennisetum purpureum* cv. Pioneiro**

A cultivar Pioneiro (Figura 1) foi lançada em 1996 para uso sob pastejo rotativo, devido às suas características de crescimento rápido e expansão lateral das touceiras. Essa cultivar foi obtida pelo programa de melhoramento de forrageiras da Embrapa Gado de Leite, por cruzamento realizado em 1991, tendo como progenitores as variedades Três Rios e Mercker Santa Rita. A cultivar Pioneiro apresenta touceiras em formato aberto, grande número de brotações aéreas e basais, colmos finos e folhas eretas. O intenso lançamento de perfilhos aéreos e basais possibilita recuperação rápida dos piquetes após o



Figura 1 – *Pennisetum purpureum* cv. Pioneiro.

pastejo. O florescimento ocorre normalmente no mês de abril, e nos meses de inverno pode produzir folhas mais finas e curtas. A produção de matéria seca é de  $46,7 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , com teor de proteína de 18,5%. Seu crescimento vigoroso e a rápida expansão das touceiras resultam em maior cobertura do solo (JANK et al., 2005).

### **2.1.2. *Cynodon nlemfuensis* L. cv. Estrela**

Estudos avaliando o potencial produtivo e as respostas ao manejo dos capins do gênero *Cynodon* tiveram nos Estados Unidos grande parte da massa crítica de informações. Nas décadas de 1950 e 1960, estudos enfocaram principalmente as respostas da cv. Coastal ao manejo, pois, do seu lançamento em 1943 pelo Dr. Glenn Burton até os anos de 1960, quando novas cultivares como grama-bermuda, grama-estrela e seus híbridos foram lançados, essa era a única cultivar de emprego comercial. A cultivar Estrela (Figura 2) é de hábito de crescimento prostrado, e estudos da dinâmica do perfilhamento revelaram que a população de perfilhos sob pastejo passa por constante renovação, que é mais acentuada nas menores alturas de dossel, e mais lenta



Figura 2 – *Cynodon nlemfuensis* L. cv. Estrela.

nas maiores alturas. De maneira geral, as gramíneas *Cynodon* têm produção de matéria seca de folhas acima de  $20,0 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de bom valor nutritivo, caracterizado por teores de proteína bruta variando entre 11 e 13% e digestibilidade entre 58 e 65% (PEDREIRA; TONATO, 2006).

### **2.1.3. *Panicum maximum* cv. Tanzânia**

A cultivar Tanzânia (Figura 3) foi lançada em 1990 pela Embrapa Gado de Corte. Essa cultivar é de hábito cespitoso, de cerca de 1,3 m de altura e folhas decumbentes, com 2,6 cm de largura. Os colmos são arroxeados, e as lâminas e bainhas não possuem pilosidade ou cerosidade. O florescimento, que ocorre em maior parte na primeira quinzena de abril, contém espiguetas arroxeadas sem pilosidade. A produção de matéria seca de folhas é de  $26,0 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , com teor de proteína de 16,2%. Devido ao porte médio e à baixa lignificação dos colmos, as touceiras são pastejadas por igual, o que permite a essa cultivar a sua utilização extensiva ou em rotação (JANK et al., 2005).



Figura 3 – *Panicum maximum* cv. Tanzânia.

#### **2.1.4. *Panicum maximum* cv. Mombaça**

A cultivar Mombaça (Figura 4) foi lançada pela Embrapa Gado de Corte e pelo Instituto Agrônômico do Paraná (Iapar) em 1993. Apresenta porte alto de 1,6 m e folhas com largura de 3 cm. As lâminas foliares possuem poucos pêlos curtos na face superior e bainhas glabras, sem cerosidade. Os colmos são levemente arroxeados e as espiguetas, glabras e verdes com poucas manchas roxas. O verticilo basal da inflorescência é glabro, sendo a produção de matéria seca de folhas de  $33,0 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , com teor de proteína de 13,4%. Seu florescimento normalmente ocorre no mês de abril. Devido ao porte alto dessa cultivar, recomenda-se o uso de pastejo rotativo (JANK et al., 2005).

#### **2.1.5. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu**

A cultivar Marandu (Figura 5) foi lançada em 1984 pela Embrapa Gado de Corte. Apresenta hábito de crescimento cespitoso, 1,5 a 2,5 m de altura e colmos iniciais prostados, mas que produzem perfilhos predominantemente eretos, bem como rizomas curtos e curvados. Possui colmos floríferos eretos, freqüentemente com perfilhamentos nos nós superiores, o que leva à



Figura 4 – *Panicum maximum* cv. Mombaça.



Figura 5 – *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

proliferação de inflorescência, principalmente quando a comunidade de plantas é submetida a regime de corte ou pastejo; possui também boa relação folha/haste (Da SILVA, 1995).

#### **2.1.6. *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés**

A cultivar Xaraés (Figura 6) foi lançada em 2003 pela Embrapa Gado de Corte. É uma planta cespitosa, que pode enraizar-se nos nós basais. Tem altura de 1,5 m e colmos verdes de 6 mm de diâmetro. A bainha apresenta pêlos claros, rijos, ralos e densos nas bordas; lâmina foliar verde-escura, com comprimento de até 64 cm e largura de 3 cm, com pilosidade curta na face superior e bordos ásperos. A inflorescência é racemosa, tardia, e o florescimento concentra nos meses de maio/junho. A produção de matéria seca de folhas é de 21,0 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, com teor de proteína de 10,4%. Tem rápida rebrotação após o pastejo e é tolerante ao excesso de umidade no solo (JANK et al., 2005).



Figura 6 – *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés.

## **2.2. Estacionalidade da produção e efeito da irrigação**

A estacionalidade da produção de plantas forrageiras sempre preocupou pesquisadores e pecuaristas, pois a conseqüente queda na produção de forragem faz com que os produtores intensifiquem o uso de concentrados ou de forragens conservadas na alimentação do rebanho, onerando, conseqüentemente, o custo de produção (BOTREL et al., 2002). Isso levou os pesquisadores a realizarem, entre os anos de 1960 e 1970, muitos experimentos para avaliar a viabilidade da prática da irrigação, durante o período seco do ano, como forma de solução do problema da estacionalidade (PEDREIRA, 1965; LADEIRA et al., 1966; PEREIRA et al., 1966; GHELFI FILHO, 1972; CARVALHO et al., 1975).

As combinações dos fatores clima, planta, solo e animal fazem que as forrageiras apresentem estacionalidade de crescimento. A planta apresenta, em determinado momento do ano, seu melhor valor nutritivo, com maior produção de matéria seca de melhor qualidade para o consumo animal. Geralmente, essa estacionalidade de crescimento das gramíneas se relaciona ao ciclo das estações (VALLENTINE, 1990).

Segundo Sória (2002), os ciclos de crescimento das gramíneas são muito influenciados por algumas condições climáticas, como precipitação pluvial, temperatura e luminosidade, as quais determinam, de modo marcante, todo o desenvolvimento dessas plantas, quando não é considerado o seu potencial genético.

Nas regiões de clima temperado, os fatores de maior importância são a luz e a temperatura, seguidas pela umidade do solo. Nos trópicos e subtropicais (30 °S – 30 °N), a temperatura e a deficiência hídrica são os principais fatores limitantes da produção de forragens (Van SOEST; MacDOWELL, 1972 citados por VITOR, 2006).

Segundo Burkart (1975), sob condições de temperaturas médias anuais superiores a 29 °C e de inverno acima de 15 °C (características das regiões tropicais e subtropicais), o fator temperatura perde importância na produção de

forragem, e as condições hídricas assumem papel preponderante na fenologia das plantas. Entretanto, em regiões cujas temperaturas médias anuais são de 10 a 20 °C e as de inverno entre 5 e 15 °C, a temperatura exerce papel tão importante quanto a umidade do solo.

Nos trabalhos de pesquisa desenvolvidos inicialmente, considerava-se que o problema de estacionalidade das plantas forrageiras seria resolvido com a irrigação no período das secas. Corsi (1993) conseguiu 1,5 UA ha<sup>-1</sup> com adubação e irrigação no período outono/inverno, enquanto no período primavera/verão foi possível obter taxa de lotação de 4,0 a 7,5 UA ha<sup>-1</sup> apenas com manejo e adubação na região de Piracicaba, SP. Segundo o autor, esses dados desencorajaram a aplicação dessa tecnologia em algumas regiões, principalmente naquelas onde a média de temperatura de inverno era em torno de 15 °C.

Ghelfi Filho (1972), em experimento realizado com capim-elefante irrigado e utilizando quatro níveis de irrigação (0, 25, 50 e 75% da capacidade máxima de retenção de água no solo), em Piracicaba, SP, obteve produções de matéria seca (MS) de 14,90; 18,85; 18,44; e 18,17 t ha<sup>-1</sup> no verão e 4,72; 5,95; 6,03; e 5,73 t ha<sup>-1</sup> no inverno, dando uma relação inverno/verão de 32, 31, 33 e 31%, respectivamente. Esse autor citou que tais dados desanimaram os pesquisadores, sendo difícil equilibrar a produção da pastagem entre as estações de primavera/verão com as do outono/inverno e, assim, solucionar o problema da estacionalidade de produção. Resultados semelhantes foram obtidos pelo mesmo autor em 1976, em trabalho com o capim-colonião.

Rolim (1994) relatou que, entre 1966 e 1978, os pesquisadores obtiveram um aumento de produção de forragem que variou entre 20 e 70% nas áreas irrigadas, em relação às não-irrigadas, durante um período de 150 dias, nas estações de outono/inverno da região do Brasil central. Concluiu que esses aumentos não foram suficientes para o equilíbrio das produções de verão e inverno.

De acordo com Aguiar (2002), um ponto em comum nos trabalhos de pesquisa do passado é que, no Brasil, todos foram desenvolvidos em locais

entre os paralelos 18° e 23° de latitude sul, principalmente nos Municípios de Viçosa, MG, e Piracicaba, SP, e no Triângulo Mineiro. Não aparecem dados de pesquisa sobre o uso de irrigação de pastagens em regiões com temperaturas e luminosidades mais altas, localizadas em Goiás, Mato Grosso, Norte de Minas e Nordeste, onde as condições para a resposta do pasto à irrigação são melhores, devido à menor limitação desses fatores climáticos. O referido autor citou ainda que os trabalhos de pesquisa sobre irrigação de pastagens foram em canteiros com corte mecânico da forragem, com longos intervalos entre cortes e com baixos a médios níveis de adubação. Nessas regiões é possível obter taxas de lotação no inverno correspondentes a mais de 70% das lotações do verão.

Vitor (2006) estudou o efeito da aplicação de diferentes lâminas de água (0, 20, 40, 80, 100 e 120% ETc) e de níveis de adubação nitrogenada (100, 300, 500 e 700 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N) e suas interações sobre a produção do capim-elefante, no Município de Coronel Pacheco, MG. Observou que a produção de matéria seca acumulada no ano e durante o período chuvoso aumentou linearmente tanto em relação às doses de N quanto às lâminas de água aplicadas. Durante o período seco, a produção do capim-elefante aumentou linearmente com as doses de N, mas teve um comportamento quadrático com as lâminas de água aplicadas. Segundo esse autor, a contribuição do período seco para a produção acumulada de matéria seca do ano não alterou muito entre os tratamentos sem irrigação e com irrigação, indicando que essa técnica não alterou a estacionalidade da produção do capim-elefante.

Herrera et al. (1985), em experimento realizado em Cuba, com três espécies forrageiras (*Cynodon dactylon*, *Panicum maximum* e *Cenchrus ciliaries*) e efetuando as irrigações com 70, 80 e 90% da ETc, durante dois anos, verificaram que a interação entre irrigação e gramíneas não apresentou nenhuma resposta durante os 13 cortes realizados. Houve aumento na produção de 37%. Para esses autores, os principais fatores responsáveis pelas baixas produções seriam os climáticos, possivelmente a temperatura e a luz.

Sória et al. (2003) estudaram o efeito da aplicação de diferentes lâminas de água (0, 30, 70, 100 e 150% ETc) e de níveis de adubação nitrogenada (0, 100, 275, 756 e 2.079 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N) e suas interações sobre a produção do capim-tanzânia, no Município de Piracicaba, SP. Observaram que o efeito da irrigação como manejo complementar ou uso de nitrogênio para aumentar a produção do capim-tanzânia, no inverno, não se mostraram capazes de compensar os efeitos climáticos desfavoráveis. As maiores lâminas de irrigação proporcionaram efeitos negativos sobre a produção de matéria seca, sendo o tratamento 70% ETc o que proporcionou os maiores valores de eficiência do uso da água. Segundo esses autores, a resposta à associação da adubação nitrogenada com a irrigação tem-se mostrado satisfatória.

Respostas positivas ao uso da irrigação podem ocorrer, como as que Vilela et al. (2004c) encontraram ao estudar o efeito da irrigação nas cultivares Coast-cross, Florona, Marandu e Xaraés. Esses autores observaram que as produções de forragem na época da seca representaram entre 40 e 48% da produção anual. Corsi e Martha Jr. (1998) mencionaram a possibilidade de se conseguir manter em pastagens irrigadas, no período da seca, de 40 a 60% da taxa de lotação animal que ocorre na primavera/verão.

Maldonado et al. (1997), avaliando o efeito da irrigação sobre a produção de forragem de duas cultivares de capim-elefante, verificaram aumento linear da produção de matéria seca em função das lâminas de água no período seco e uma resposta quadrática no período chuvoso, evidenciando que a maior lâmina aplicada (120% da ETc) reduziu a produção das duas cultivares, o que pode ser decorrente do excesso de umidade, da falta de aeração do solo e da possível lixiviação de nutrientes.

Benedetti et al. (2000) desenvolveram um trabalho nas condições de cerrado, em Uberlândia, MG, com a cultivar Tanzânia submetida a diferentes intervalos de cortes, adubada com a formulação 20-05-20, empregando 1.300 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, e irrigada durante o inverno. Transformando os dados da taxa de acúmulo diário de forragem em taxa de lotação, com aproveitamento de 80% em pastejo e consumo de 12 kg UA<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MS, eles concluíram que

é possível estabelecer taxa de lotação de 13 UA ha<sup>-1</sup> na primavera e 7,3 UA ha<sup>-1</sup> no inverno. Segundo esses autores, se a pastagem não fosse irrigada, as taxas de lotação no inverno seriam da ordem de 10 a 20% da alcançada na primavera, ou seja, entre 1,3 e 2,6 UA ha<sup>-1</sup>. O restante teria que ser suplementado com outros volumosos.

Pinheiro (2002) estudou, por meio de simulações, a viabilidade econômica da irrigação por pivô central em capim-tanzânia, em várias regiões do Brasil, obtendo retornos econômicos entre R\$-100,00 e R\$600,00 ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Alguns trabalhos de pesquisa em pastagens irrigadas com animais em pastejo apresentaram resultados mais favoráveis. Vilela e Alvim (1996), irrigando o capim-coast-cross somente durante a seca, com lâminas de água de 25 a 30 mm aplicadas a cada 15 dias, conseguiram taxa de lotação de 5,9 e 3,0 vacas ha<sup>-1</sup>, nos períodos de verão e inverno, respectivamente, o que resultou numa relação inverno/verão de 51% e numa produção de 37.000 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de leite. Segundo esses autores, os pesquisadores que obtiveram sucesso com a irrigação de pastagens em outros países de clima tropical parecem ter influenciado os pesquisadores brasileiros a voltarem a dar atenção especial a essa tecnologia. Na Austrália, obtiveram-se taxa de lotação de 3,7 e 7,5 vacas por hectare, na seca e nas chuvas, respectivamente, em pastagens irrigadas de capim-estrela e de capim-rhodes, com relação inverno/verão de 49,3% e produção média por vaca de 7 kg dia<sup>-1</sup> de leite.

De acordo com Dovrat (1993), no Estado de Queensland, parte tropical da Austrália, em trabalhos com vacas leiteiras que não receberam suplementação concentrada, em pastagens irrigadas e com capim-pangola, foram produzidos por vaca 8 kg dia<sup>-1</sup> de leite, sendo a produção anual igual a 19.851 kg ha<sup>-1</sup>. Fornecendo 3,6 litros de melaço por vaca por dia, a produção por hectare e por ano foi de 25.164 kg de leite. Com o fornecimento diário de 1,8 kg de sorgo por vaca e em pastagem de azevém manejada com irrigação em faixas, a produção anual de leite foi de 20.890 kg ha<sup>-1</sup>.

Cruz Filho et al. (1996) mencionaram que, em fazendas produtoras de leite que utilizam capim-elefante irrigados e manejados intensivamente no Norte de Minas Gerais, foram conseguidas produções anuais de leite superiores a 30.000 kg ha<sup>-1</sup>.

Na região de Governador Valadares, Leste de Minas Gerais, diversos produtores vêm utilizando a irrigação de pastagem e de cana-de-açúcar para alimentação de vacas leiteiras, possibilitando taxas de lotação de até 6 UA ha<sup>-1</sup>, contra a média local e nacional de 0,5 UA ha<sup>-1</sup>. Nessa região, devido à ocorrência de temperaturas elevadas durante o período de seca, a irrigação tem sido eficiente em diminuir a estacionalidade de produção das forrageiras, sendo a aspersão convencional semifixa de baixa pressão o sistema de irrigação adotado pelos produtores de leite, por causa dos seus baixos custos de implantação e de manutenção (ALENCAR, 1999).

Aguiar (2002) apresentou dados de produção potencial de leite em diferentes sistemas produtivos na Austrália, de acordo com o nível tecnológico adotado (Tabela 1). Segundo esse autor, seria importante levantar dados também para sistemas de produção de gado de corte.

Tabela 1 – Capacidade de taxa de lotação e produção potencial de leite em diferentes sistemas produtivos na Austrália, sem suplementação animal

Pastagem	Taxa de lotação (vacas ha <sup>-1</sup> )	Produção de leite (kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )
Gramínea sem adubação	0,80 a 1,50	1.000 a 2.500
Gramínea + leguminosa	1,30 a 2,50	3.000 a 8.000
Gramínea adubada	2,50 a 5,00	4.500 a 9.500
Gramínea irrigada e adubada	6,90 a 9,90	15.000 a 22.000

Stobbs (1976).

De acordo com o referido autor, um aspecto que chama a atenção nesses trabalhos realizados em outros países é que não é comum encontrar

dados de irrigação de pastagens para bovinos de corte, o que contraria a realidade atual no Brasil diante da grande adoção da irrigação de pastagens pelos pecuaristas de gado de corte.

Existem, no Brasil, áreas irrigadas por pivô central em início de estabelecimento, com taxa de lotação de 10 UA ha<sup>-1</sup> na primavera/verão e de 6 UA ha<sup>-1</sup> no outono/inverno, onde se busca ganho médio de 800 g por UA por dia. Já em pastagens não irrigadas a taxa de lotação é de 8 UA ha<sup>-1</sup> na primavera/verão e de 1 a 1,5 UA ha<sup>-1</sup> no outono/inverno. Tais valores levam em consideração o fato de que em ambos os casos se realiza a adubação de acordo com a análise do solo. A capacidade de produção de forragem na seca sob sistemas irrigados é de 50 a 60% do que se produz na primavera-verão, e sem irrigação é de 10 a 20% do que se produz no mesmo período (AGUIAR, 1998).

### **2.3. Efeito da irrigação no valor nutritivo de plantas forrageiras**

O desempenho dos animais está diretamente ligado ao consumo e à qualidade de matéria seca das pastagens, pois determina a quantidade de nutrientes ingeridos pelos animais, necessários para atender às suas exigências de manutenção e produção (GOMIDE, 1993).

A eficiência de utilização das plantas forrageiras pelos animais está na dependência de vários fatores, como a qualidade e quantidade de forragem disponível na pastagem e o potencial genético do animal. Assim, quando a disponibilidade de forragem e o potencial do animal não são limitantes, a qualidade do pasto é definida pela produção por animal, estando diretamente relacionada ao consumo voluntário e à disponibilidade dos nutrientes nela contidos (REIS; RODRIGUES, 1993).

O valor nutritivo da forragem ao longo do ano, em áreas irrigadas, é diferente em comparação com pastagens não-irrigadas. Durante períodos de veranicos e, principalmente, no inverno ocorre queda no valor nutritivo dos pastos. A suplementação de água por meio da irrigação pode alterar a

composição bromatológica e a qualidade nutritiva dessas plantas. O conceito do termo valor nutritivo refere-se à composição química da forragem e à sua digestibilidade (GERDES et al., 2000b).

Vitor (2006), estudando o efeito da aplicação de diferentes lâminas de água sobre o valor nutritivo do capim-elefante, observou que o teor de proteína bruta e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca não foram influenciados pelas lâminas de água. O teor de fibra em detergente neutro foi influenciado positivamente pelas lâminas de água apenas no período chuvoso.

Vásquez (1965), estudando a interação nitrogênio e irrigação nas forrageiras *Panicum maximum* e *Panicum purpurascens raddi*, observou que o nitrogênio aumentou o teor de proteína na forragem, sendo que esse foi menor com o uso da irrigação. O significado prático para isso seria de que, ao se usar irrigação, as forrageiras devem ser adubadas com nitrogênio, para que consigam manter seu teor protéico.

A eficiência de uso do adubo nitrogenado pode depender da umidade do solo. Plantas de *Panicum maximum* cv. Tobiatã, cultivadas em presença de estresse hídrico, apresentaram menor eficiência de uso do nitrogênio, como também do fósforo e potássio aplicados (DIAS FILHO et al., 1992).

Em Planaltina, na região dos Cerrados, a eficiência da adubação nitrogenada em cultivos de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) e de Marandu (*Brachiaria brizantha*) foi incrementada em 37% com o uso da irrigação (VILELA et al., 2004ab).

Marcelino et al. (2003), estudando o efeito da disponibilidade de água e da adubação nitrogenada em áreas cultivadas com Tifton 85 (*Cynodon dactylon*), observaram que a maior eficiência do uso do nitrogênio foi obtida na condição de maior umidade do solo.

A disponibilidade imediata de nitrogênio no solo após o corte aumenta o perfilhamento e o índice de área foliar (IAF), possibilitando melhor estande e favorecendo as gramíneas, em detrimento das plantas invasoras (CORSI, 1994).

## **2.4. Irrigação de pastagens**

Com o uso da irrigação, o fator água deixa de ser o mais limitante para o crescimento das forrageiras, de modo que a estacionalidade de produção passa depender da disponibilidade de nutrientes e aeração do solo, do potencial genético da planta, da radiação solar e da temperatura. Em locais de maior latitude e altitude, onde ocorrem quedas mais acentuadas das temperaturas durante o inverno, não se deve esperar que a irrigação seja capaz de equacionar totalmente o problema da estacionalidade de produção. Entretanto, o período de utilização de uma pastagem pode ser aumentado com a prática da irrigação estratégica, que consiste em irrigar a pastagem nas interfaces das estações, quando há luminosidade e temperatura adequadas ao crescimento da planta forrageira.

### **2.4.1. Disponibilidade de água para irrigação**

A demanda de água cresceu de maneira vertiginosa nos últimos tempos, e há grupos que usam água de maneira excessiva em alguns países. Além disso, os processos de contaminação têm ocasionado a perda de muitas fontes de água. Diante disso, pesquisadores apontam a água como o motivo da próxima crise mundial. Segundo o relatório da UNESCO (2006), um quinto da população do planeta, ou 1,1 bilhão de pessoas, já não possui acesso à água potável.

A água, de fato, não deveria ser problema num planeta em que 71% da sua superfície é coberta por essa substância. De toda a massa líquida do planeta, 97,40% correspondem aos oceanos e mares. Da parcela restante, 1,98% constitui geleiras quase inacessíveis. O que sobra está distribuído entre águas subterrâneas (0,59%), rios e lagos (0,03%) e a atmosfera (0,001%). Em outras palavras, isso quer dizer que, de cada mil litros de água, 974 litros são de água salgada, 19,8 litros formam geleiras, 5,9 litros estão sob o solo e somente 0,3 litro está ao alcance imediato do homem (ALENCAR et al., 2006).

A distribuição dessa já reduzida parcela de água é muito irregular, tanto no espaço quanto no tempo. Entretanto, as descargas médias de longo período dos rios do mundo de  $43.000 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$  são muito superiores às demandas totais de água da humanidade, que são da ordem de  $6.000 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$ , em que cerca de 70% é para irrigação, 20% para consumo industrial e 10% para consumo doméstico (REBOUÇAS, 2004).

O Brasil é um país parcialmente privilegiado, pois, segundo o relatório do Plano Nacional de Recursos Hídricos (2006), a vazão média anual dos rios em território brasileiro é de  $179.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  ( $5.660 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$ ), o que corresponde a aproximadamente 12% da disponibilidade mundial de recursos hídricos. Levando em conta as vazões oriundas do território estrangeiro que afluem ao País, provenientes das bacias Amazônica, do Uruguai e do Paraguai, essa disponibilidade hídrica total atinge valores da ordem de  $267.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  ( $8.427 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$ ), o correspondente a 18% da disponibilidade mundial. Das 12 regiões hidrográficas brasileiras, a região hidrográfica amazônica detém 73,6% dos recursos hídricos superficiais, seguida pela região do Tocantins/Araguaia com 7,6% e pela do Paraná com 6,4%. As menores disponibilidades hídricas superficiais ocorrem nas regiões hidrográficas do Parnaíba, do Atlântico Nordeste Oriental e do Atlântico Leste.

Estimativas mundiais de produção indicam que nos 260 milhões de hectares irrigados, que correspondem a 17% da área plantada, produz-se cerca de 40% da safra. No Brasil, estimativas indicam valores de quase 3,2 milhões de hectares irrigados, correspondendo a 5% da área cultivada, 16% da produção total e 35% do valor econômico da produção (BERNARDO et al., 2006).

De acordo com Christofidis (2001), a distribuição da área irrigada no Brasil é de 39% no Sul, 28,9% no Sudeste, 21% no Nordeste, 8,2% no Centro-Oeste e 2,9% no Norte.

O relatório da UNESCO (2006) apontou que o mundo necessitará de 55% mais de comida em 2030. A produção de alimento teve um grande crescimento nos últimos 50 anos, entretanto 13% da população mundial (850

milhões de pessoas, a maioria da área rural) ainda não dispõem de alimentos suficientes.

Entre os anos de 1950 e 1980, os aumentos de produtividade de grãos entre 2 e 2,5% ao ano alcançados em média foram bem superiores aos incrementos médios dos anos de 1990, de 0,7% ao ano. Essa queda na taxa de aumento da produtividade evidencia o limite das técnicas que determinaram esses incrementos, como o melhoramento genético e o uso do nitrogênio (POSTEL, 1998). Diante disso, a expansão da área irrigada é tida hoje como chave para o aumento de produtividade das culturas agrícolas nos próximos anos.

Críticas dirigidas à irrigação pelo consumo elevado de água e energia, sem mostrar que se trata de uma técnica de grande impotência para viabilizar a produção de alimentos, podem levar ao inadequado entendimento por parte da coletividade. O investimento em agricultura irrigada é fundamental para que o Brasil continue a aumentar sua produção e produtividade, gerando empregos e excedentes exportáveis. A agricultura irrigada trouxe para a atividade agrícola o pensamento das grandes empresas, cujos segmentos de produção necessitam de controles adequados para não haver frustração de safra (TESTEZLAF et al., 2001).

É verdade, entretanto, que a quantidade de água utilizada pela irrigação atualmente é maior que a realmente necessária, devido à baixa eficiência dos sistemas que vêm sendo utilizados e ao manejo inadequado da irrigação.

A média de consumo de água em projetos de irrigação sem manejo adequado é de  $13.000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  e com manejo adequado, de  $7.500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , sendo possível uma economia da ordem de 42%. Se a irrigação fosse utilizada de forma racional, aproximadamente 20% da água e 30% da energia consumidas seriam economizadas, sendo 20% de energia economizados por causa da aplicação desnecessária da água e 10% devidos ao redimensionamento e otimização dos equipamentos de irrigação (CEMIG, 1993).

## 2.4.2. Métodos de irrigação

A justificativa para a alocação de água para uso na irrigação de pastagens estaria baseada no maior retorno líquido de produção animal em relação a outros manejos, a promoção de um efetivo período de crescimento durante as estações mais secas do ano e a possibilidade de uso de menor área produtiva com possibilidade de uso de água de menor qualidade, diminuindo os desmatamentos e a destruição dos mananciais de água (SÓRIA, 2002). Considerando que o processo é de intensificação, que atualmente há escassez de mão-de-obra e os veranicos estão ocorrendo com mais frequência, poderiam esses fatores ser acrescentados à justificativa para a alocação de água para uso na irrigação de pastagens.

Os métodos de irrigação podem ser divididos em pressurizados e não-pressurizados. Nos pressurizados, a água é conduzida em tubulações sob pressão até o ponto de aplicação. Estão incluídos nessa categoria os métodos de irrigação por aspersão, em que a água é aspergida na atmosfera, caindo em forma de chuva artificial, e os métodos de irrigação localizada, em que a água é aplicada diretamente sobre a região radicular com baixa intensidade e alta frequência. Já nos não-pressurizados, ou de irrigação por superfície, a água é conduzida por gravidade sobre a superfície do solo até o ponto de aplicação, exigindo áreas sistematizadas e com declividades de zero a seis por cento, de acordo com o tipo de irrigação (SOARES; OLIVEIRA, 2001).

Segundo Christofidis (2001), da área irrigada no Brasil, 50% é irrigação por inundação, 21% por pivô central, 9% por carretel enrolador (autopropelido), 14% por aspersão convencional e 6% com irrigação localizada.

No Brasil, o método de irrigação mais usado em pastagens é o aspersão convencional. Os sistemas por aspersão convencional são divididos em sistemas móveis e sistemas fixos.

Os sistemas de irrigação por aspersão móveis são constituídos, pelo menos em parte, de tubulações portáteis, instaladas sobre a superfície do

terreno, permitindo que a mesma linha lateral seja movimentada em diversas posições sobre a área do projeto, dependendo do número de dias necessários para se irrigar toda a área e do tempo para se aplicar a lâmina de água desejada. Os sistemas de aspersão fixos são constituídos de tubulações suficientes para irrigar toda a área do projeto, sem mudanças das tubulações (BERNARDO et al., 2006).

Na década de 1990, foi desenvolvido um sistema de irrigação por aspersão convencional semifixo de baixa pressão, que é um sistema em que as linhas principais, secundárias e laterais são em quantidades suficientes para irrigar toda a área. A condução de água da motobomba até os aspersores é efetuada por meio de tubulações de diversos tipos de material, como aço zincado, alumínio e PVC rígido. Apesar de as tubulações serem suficientes para irrigar ao mesmo tempo a área inteira, a irrigação é feita com funcionamento de determinado número de aspersores por vez, de acordo com o turno de rega. Para isso, o sistema é dotado de controle manual, nos pontos de irrigação. Os aspersores são do tipo rotativo, movidos por impacto do braço oscilante e trabalham com pressão variando entre 10 e 25 m.c.a. Em algumas situações, por necessitarem de baixa pressão, os sistemas de irrigação semifixo operam por gravidade com pressão proveniente da diferença de nível entre a fonte de água e a área a ser irrigada (ALENCAR, 2002).

Segundo esse mesmo autor, esse é um sistema que, quando comparado com o sistema de irrigação tipo pivô central, apresenta menor dependência tecnológica, menor custo de implantação e de utilização, otimização do uso da água e da energia elétrica e menor intensidade de aplicação de água no solo.

Drumond (2003) avaliou esse sistema fertirrigando capim-tifton 85 com aplicação de água e três doses de dejetos líquidos de suíno (DLS). Segundo esse autor, o sistema de irrigação por aspersão semifixo se mostrou eficiente para a irrigação e aplicação de dejetos líquidos de suíno em pastagem. Os valores de Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) foram, mesmo para a dose de

200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de DLS, superiores aos valores mínimos recomendados para projetos de irrigação por aspersão.

### **2.4.3. Manejo da irrigação**

O manejo da irrigação é um recurso para racionalizar a aplicação de água às culturas de maneira complementar às precipitações pluviais, necessitando-se de procedimentos técnicos para determinar o turno de rega e a quantidade de água a aplicar. Assim, a reposição de água ao solo, por meio da irrigação, na quantidade adequada e no momento oportuno é decisiva para o sucesso da intensificação da produção. Práticas adequadas de irrigação contribuem para aumentar a produtividade das culturas, melhorar a qualidade dos produtos agrícolas, minimizar o uso da água e preservar os recursos hídricos.

O controle da umidade e a definição do momento de irrigar podem ser estabelecidos por intermédio de análise da curva de retenção da água no solo, concomitantemente com o uso de tensiômetros, que é um método direto para determinação da tensão de água no solo e indireto para determinação da porcentagem de água no solo (BERNARDO et al., 2006).

A determinação do consumo de água de uma cultura é fundamental no manejo da água de irrigação, podendo ser obtida a partir de medidas efetuadas no solo, na planta e nos elementos climáticos. Os métodos baseados em medidas no solo se fundamentam na determinação do seu teor de água; os que utilizam medidas na planta consideram o monitoramento do seu potencial hídrico e avaliações da resistência estomática e da temperatura da folha, dentre outros; já os métodos baseados nos elementos climáticos consideram, desde simples medições da evaporação da água num tanque, como o Classe A, até complexas equações para a estimativa da evapotranspiração (ROCHA et al., 2003). A determinação da evapotranspiração tem sido mais usada por causa da sua maior praticabilidade e da menor exigência de mão-de-obra no manejo da irrigação.

A evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>) pode ser determinada de diferentes maneiras. De acordo com Burman et al. (1983), ela pode ser obtida a partir de métodos diretos, incluindo os diferentes tipos de lisímetro e o balanço de água no solo, ou de métodos indiretos envolvendo medidas de elementos climáticos. Conforme Jensen et al. (1990), nos métodos indiretos estão enquadrados os modelos de Penman, Thornthwaite, Blaney-Criddle, Jensen- Haise, Priestley-Taylor e Hargreaves, entre outros, e também os evaporímetros, como o tanque Classe A e o atmômetro modificado.

De acordo com Allen et al. (1998), o modelo de Penman-Monteith – FAO 56 apresenta estimativas confiáveis e consistentes de ET<sub>0</sub>, sendo considerado aquele de melhor desempenho entre os métodos combinados. Esse método tem recebido bastante atenção de técnicos, engenheiros e cientistas, em virtude de as estações automáticas fornecerem medidas em tempo quase real, além da praticidade e da facilidade para obtenção de dados (TAGLIAFERRE, 2006).

A equação proposta por esses autores é baseada numa formulação teórica de conceitos físicos:

$$ET_0 = \frac{0,408(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (1)$$

em que: ET<sub>0</sub> = evapotranspiração de referência, mm d<sup>-1</sup>; R<sub>n</sub> = saldo de radiação à superfície, MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>; G = densidade do fluxo de calor no solo, MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>; T = temperatura média do ar a 2 m de altura, °C; U<sub>2</sub> = velocidade do vento a 2 m de altura, m s<sup>-1</sup>; e<sub>s</sub> = pressão de saturação de vapor, kPa; e<sub>a</sub> = pressão parcial de vapor, kPa; Δ = declividade da curva de pressão de saturação de vapor, kPa °C<sup>-1</sup>; e γ = coeficiente psicrométrico, kPa °C<sup>-1</sup>.

A evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) pode ser obtida a partir de dados meteorológicos e da cultura em si, por meio da equação de Penman-Monteith, ajustando-se o albedo e as resistências aerodinâmicas e de superfície do dossel às características vegetativas da cultura, estimando, assim, a taxa de

evapotranspiração diretamente. O albedo e as resistências são, porém, difíceis de estimar, porque eles podem variar continuamente, durante o período, com a mudança das condições climáticas, com o desenvolvimento da cultura e com a umidade da superfície do solo. A resistência de superfície é influenciada pela disponibilidade de água no solo e aumenta muito se a cultura estiver sujeita ao déficit hídrico (ALLEN et al., 1998). Por esses motivos e pela considerável falta de pesquisas referentes às resistências aerodinâmica e de superfície para as várias espécies cultivadas, o Boletim da FAO-56 recomenda utilizar a aproximação (equação 2).

$$ET_c = Kc \times ET_0 \quad (2)$$

em que:  $ET_c$  = evapotranspiração da cultura,  $\text{mm d}^{-1}$ ;  $Kc$  = coeficiente de cultura, adimensional; e  $ET_0$  = evapotranspiração de referência,  $\text{mm d}^{-1}$ .

Segundo Tagliaferre (2006), no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa foi desenvolvido, por uma equipe de pesquisadores, um aparelho denominado Irrigâmetro, a ser utilizado no manejo da água de irrigação. O Irrigâmetro combina o método de estimativa da evapotranspiração com a disponibilidade de água no solo para a cultura. Possui um evaporatório e três escalas, que são usadas para realizar o manejo da irrigação: (a) a escala laminar – graduada no próprio tubo de leitura-alimentação do aparelho, que tem a função de medir a lâmina de água evaporada ou evapotranspirada; (b) a escala da régua de manejo – sem graduação, possuindo quatro faixas verticais de colorações azul, verde, amarela e vermelha. Essa escala engloba as características físico-hídricas do solo e da cultura, e sua função é indicar a necessidade de irrigação; e (c) a escala da régua temporal ou porcentual – graduada em horas e minutos ou em porcentagem. Essa escala é confeccionada utilizando-se a intensidade de precipitação do sistema de irrigação; possui a função de indicar o tempo de funcionamento, no caso de aspersão convencional ou localizada, ou da velocidade de deslocamento do equipamento, no caso de pivô central ou

sistema linear. A maneira de quantificar a água consumida pela cultura e o momento da irrigação é por meio da estimativa de evapotranspiração.

## 2.5. Adubação nitrogenada

Outra prática que proporciona excelente efeito sobre a produção de matéria seca é a adubação. Quando associada à irrigação, ela se torna fator determinante no desenvolvimento do sistema radicular – que é o suporte e a base para a produção de perfilhos e folhas – e, conseqüentemente, da produção de forragem. A disponibilidade imediata de nitrogênio após o corte melhora o perfilhamento e aumenta o índice de área foliar, possibilitando melhor estande e favorecendo as gramíneas, em detrimento das plantas invasoras (CORSI, 1984).

Alguns resultados comprovam que as gramíneas forrageiras apresentam respostas linear à aplicação de N para produção de matéria seca (FAGUNDES et al., 2005; MOREIRA et al., 2005; VITOR, 2006). Todavia, quanto maiores as doses de N aplicadas, menores os ganhos em produção, podendo a relação custo/benefício ser muito elevada, reduzindo a eficiência da adubação nitrogenada em pastagens. Além disso, o uso indiscriminado de fertilizantes nitrogenados eleva o custo de produção e pode causar danos ao meio ambiente pela acidificação do solo, liberação de gases que causam o efeito-estufa, eutrofização de lagoas e açudes; e danos à saúde humana, pela contaminação de mananciais hídricos por nitrato.

Vicente-Chandler (1973), trabalhando com doses de nitrogênio variando de 0 a 1.792 kg ha<sup>-1</sup> com *Panicum maximum* e outros seis capins, constatou que esse fertilizante propicia expressivas respostas à adubação até o máximo nível estudado. O colônio mostrou-se mais produtivo que o gordura e o pangola, mas inferior ao capim-elefante em altos níveis.

O uso da adubação nitrogenada, estimulando o crescimento das plantas, pode elevar os níveis de perdas se não forem utilizadas máquinas eficientes para a colheita e armazenagem da forragem, ou a elevação da taxa de lotação

animal para pastejo. A produção intensiva de forragem ainda pode provocar, na planta, níveis de exigências de nutrientes mais elevados, no tempo e em quantidades, devido às maiores exportações de nutrientes das áreas de pastagens por meio do animal (CORSI, 1994).

Os benefícios da irrigação são intensificados quando associados à adubação, porém a formação de pastagens nas regiões tropicais e subtropicais é quase sempre relegada às terras de baixa fertilidade (ANDRADE et al., 2000).

## **2.6. Sistema radicular e qualidade física do solo**

É amplamente reconhecido que a remoção da parte aérea por meio do corte ou pastejo de forma muito intensa e freqüente leva ao declínio da produção das plantas. Primeiro, ocorre prejuízo nas raízes, que, posteriormente, manifesta-se na parte aérea (CECATO et al., 2001a). Corsi e Nascimento Jr. (1994) relataram que, quando a produção de matéria seca diminui sensivelmente a ponto de ser notada por meio da taxa de lotação animal, a planta forrageira já reduziu drasticamente o sistema radicular, o perfilhamento, a expansão de folhas novas e os níveis de reservas de carboidratos nas raízes e na base das hastes.

A definição da qualidade física do solo ideal para crescimento de plantas deve-se basear na presença de uma estrutura que possibilite grande área de contato entre as raízes e o solo, suficiente espaço poroso contínuo para o movimento de água e gases e pouca resistência do solo à penetração de raízes (SILVA et al., 1997).

Segundo Cecato et al. (2001a), as condições físicas do solo, nutrientes, umidade, temperatura, presença de pragas e moléstias, competição com outras plantas, presença de microrganismos e grau de desfolhação têm grande influência na produção de forrageiras e, conseqüentemente, na produtividade animal. Esses fatores atuam diretamente sobre o sistema radicular, que é o suporte e a base para a produção de perfilhos e folhas e, portanto, de forragem.

Segundo Pires et al. (2001), o desenvolvimento das raízes depende de muitos fatores relativos ao solo, como a resistência mecânica, a umidade, a aeração e as características químicas. Esses autores citaram ainda que o desenvolvimento radicular também pode ser condicionado pelo método de irrigação, densidade de plantio e peculiaridade de cada cultivar.

O fator do solo determinante na redução da produtividade é a degradação da sua qualidade física, a qual está invariavelmente associada à compactação do solo. O pisoteio em toda a superfície e, às vezes, repetidamente no mesmo local, ao longo do tempo, pode promover a compactação. A compactação é um processo que causa redução de volume com a aplicação de pressão sobre o solo, resultando em aumento na densidade, alteração na porosidade e distribuição dos tamanhos dos poros, a redução da infiltração e o aumento na resistência do solo à penetração, comprometendo o desenvolvimento das raízes.

Um dos fatores que influenciam a distribuição de raízes no solo é a sua densidade. Beltrame et al. (1981), estudando a resistência à penetração das raízes, observaram que essa resistência é diretamente proporcional à densidade do solo e inversamente proporcional à umidade.

Doorenbos e Pruitt (1977) relataram que os modelos de absorção de água no perfil do solo têm-se expressado que a maioria das plantas retira 40% do total de água utilizada do quarto superior do perfil abrangido pelo sistema radicular e 30, 20 e 10% do total de água utilizada pelas plantas é retirada, respectivamente, da segunda, terceira e quarta frações do perfil do solo explorado pelas raízes.

A profundidade efetiva do sistema radicular deve ser tal que, pelo menos, 80% das raízes da cultura estejam nela contida (BERNARDO et al., 2006). Essa profundidade é importante não somente para determinação da lâmina de irrigação, como também para instalação de sensores para o monitoramento da água no controle das irrigações.

Por essas razões, investigações locais sobre o desenvolvimento das raízes são de extrema importância, uma vez que pequeno aumento na

profundidade do sistema radicular pode permitir alteração da lâmina de irrigação e, com isso, possibilitar a redução no número de aplicações, especialmente em regiões onde as irrigações podem ser complementares.

O método mais indicado para a coleta de amostras volumétricas de solo e raiz é o do trado (manual ou mecânico), por não necessitar da abertura de trincheiras. Permite amostragem rápida sem grandes danos às plantas, podendo ser realizada em parcelas experimentais pequenas e fornecer informações precisas quanto à distribuição quantitativa das raízes no perfil do solo. O pequeno volume das amostras é desvantajoso quando se trabalha em culturas com baixa densidade radicular e pequeno número de repetições, podendo não representar com exatidão a distribuição radicular da cultura estudada. O método do trado não é adaptado para estudos morfológicos de raízes, e o volume da amostra de solo não é determinado com exatidão, pois ocorre a compactação dela no momento da coleta e o volume do solo pode variar com a profundidade (CECATO et al., 2001b).

Portanto, além da necessidade de determinar o desempenho de cultivares de forrageiras irrigadas que apresentem excelentes características agronômicas e de consumo pelos animais, deve-se considerar a importância da determinação de variáveis relacionadas ao manejo racional da água. As informações geradas serão importantes para auxiliarem técnicos e pecuaristas nas tomadas de decisão que levem ao êxito na exploração de pastagens irrigadas, possibilitando melhor utilização dos recursos ambientais e desempenho econômico satisfatório dos sistemas de produção de leite e de carne, o que permitirá a sua sustentabilidade no longo prazo.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Área experimental**

O estudo foi conduzido na Fazenda Cidade dos Meninos, Campus III, pertencente à Universidade Vale do Rio Doce (UNIVALE), situada no Município de Governador Valadares, região Leste do Estado de Minas Gerais. As coordenadas geográficas são 18° 47' 30'' de latitude sul e 41° 59' 04'' de longitude oeste e altitude de 223 m.

Foram realizados dois experimentos independentes, com seis gramíneas cada, sob condições de pastejo. Experimento 1 – Influência das lâminas de água sobre a produção e composição bromatológica de seis gramíneas forrageiras tropicais; e o Experimento 2 – Influência da adubação nitrogenada sobre a produção de seis gramíneas forrageiras tropicais. Os experimentos foram conduzidos por dois anos, dentro de uma área de 2,0 hectares, com topografia suave-ondulada (Figura 7).

Na condução do experimento 1 foi instalado na área um sistema de irrigação por aspersão em linha (Figura 8), conforme metodologia descrita por Hanks et al. (1976).



Figura 7 – Vista da área experimental.



Figura 8 – Vista do sistema de irrigação por aspersão em linha.

Na condução do experimento 2 foi instalado na área um sistema de irrigação por aspersão convencional semifixo, constituído por linha principal e linhas laterais de PVC enterradas, com mudança apenas dos aspersores (Figura 9).



Figura 9 – Vista do sistema de irrigação por aspersão convencional semifixo.

### **3.2. Clima**

A região, sob a influência da Mata Atlântica, apresenta clima do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, ou seja, clima tropical quente e úmido, com temperatura média do mês mais frio superior a 18 °C, verão chuvoso e inverno seco. A temperatura média anual está em torno de 24 °C, sendo a amplitude térmica anual muito pequena, com temperatura mínima média em torno de 19 °C e a temperatura máxima média por volta de 29 °C. A precipitação média anual está em torno de 1.000 mm, ocorrendo os maiores índices pluviométricos nos meses de novembro a março.

### **3.3. Solo**

O solo da área do experimento é classificado como Cambissolo eutrófico, textura média. Amostras de solo, nas camadas de 0-30 e 30-60 cm, foram coletadas para determinação de suas características químicas e físico-hídricas, no laboratório da Faculdade de Ciências Agrárias (FAAG) da UNIVALE e no laboratório do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA)

da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Os valores de retenção de água no solo da área experimental, na profundidade de 0-30 cm, foram determinados no laboratório do DEA/UFV, utilizando-se amostras deformadas pelo método da Câmara de Richards (RICHARDS, 1951). A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico, descrito pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1997).

As características químicas do solo são apresentadas na Tabela 2. A distribuição granulométrica e os resultados das análises físico-hídricas do solo encontram-se na Tabela 3. A Figura 10 ilustra a curva de retenção de água do solo na camada estudada.

Tabela 2 – Características químicas do solo em amostras da área experimental, nas camadas de 0-30 e 30-60 cm

Camada cm	PH H <sub>2</sub> O	M.O. g dm <sup>-3</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>	K <sup>+</sup> mg dm <sup>-3</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup> cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Al <sup>+3</sup>	H+Al	V %
0 – 30	6,5	1,6	6,0	60,0	3,8	1,0	0,1	4,0	55,0
30 – 60	6,3	0,3	5,2	17,0	2,4	0,8	0,1	4,3	43,0

Tabela 3 – Distribuição granulométrica e resultado das análises físico-hídricas do solo em amostras da área experimental na camada de 0-30 cm

Profundidade (cm)	Distribuição granulométrica (%)			Teor de água <sup>1</sup> (g g <sup>-1</sup> )		Densidade do Solo (g cm <sup>-3</sup> )
	Argila	Silte	Areia	Cc	Pm	
0 – 30	30,0	25,0	45,0	0,30	0,17	1,38

<sup>1</sup> Os teores de água na capacidade de campo (Cc) e no ponto de murcha permanente (Pm) foram determinados no laboratório, nas tensões de 10 e 1.500 kPa, respectivamente.

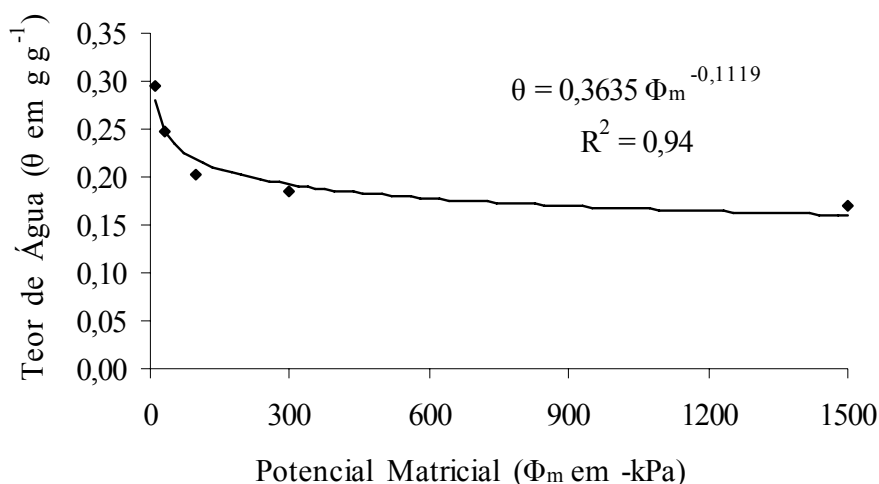


Figura 10 – Curva de retenção de água no solo para a camada de 0-30 cm.

### 3.4. Procedimentos experimentais

#### 3.4.1. Experimento 1 – Influência das lâminas de água sobre a produção e composição bromatológica de seis gramíneas forrageiras tropicais

Neste experimento foram utilizadas seis gramíneas forrageiras tropicais: *Pennisetum purpureum* cv. Pioneiro, *Cynodon nlemfuensis* L. cv. Estrela, *Panicum maximum* cv. Tanzânia, *Panicum maximum* cv. Mombaça, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés.

A adubação para estabelecimento consistiu em 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, cuja fonte foi superfosfato simples, sendo aplicado todo o fósforo no fundo do sulco. A adubação de manutenção consistiu em 50 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 150 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 300 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N, tendo como fontes o superfosfato simples, o cloreto de potássio e a uréia, respectivamente, sendo aplicado todo o fósforo em cobertura a cada ano. O cloreto de potássio e a uréia foram aplicados em cobertura, parcelados em seis aplicações anuais, até o final da condução do experimento.

As sementeiras foram realizadas manualmente em fileiras espaçadas 30 cm (Figura 11), com sementes distribuídas na profundidade média de 2 cm. Nos casos dos cultivares dos gêneros *Cynodon* e *Pennisetum*, a implantação da forrageira foi por via vegetativa, com distribuição das mudas em sulcos espaçados 50 cm e nas profundidades de 10 e 15 cm, respectivamente. No plantio da cultivar do gênero *Cynodon*, dois terços da muda foram enterrados, deixando-se o terço apical sobre o solo.



Figura 11 – Plantio manual.

As lâminas de água foram originadas das diferentes distribuições de água na direção perpendicular à tubulação com os aspersores. Para isso, foi utilizado o sistema de irrigação por aspersão com distribuição dos aspersores em linha (*Line Source Sprinkler System*). Esse sistema foi desenvolvido para fins experimentais e consiste na aproximação entre os aspersores instalados numa tubulação localizada no centro da área experimental, de modo a se obter grande sobreposição dos jatos de água. A sobreposição dos jatos de água e o arranjo dos aspersores em uma única linha promovem maior

precipitação na linha de aspersores, bem como um gradiente decrescente ao longo da direção perpendicular à linha da tubulação, sendo esse efeito denominado “Distribuição Triangular da Precipitação” (SILVA, 1990).

A localização das parcelas experimentais ao longo da direção perpendicular à linha de aspersores permite a obtenção de diferentes lâminas de água aplicadas, simulando, desse modo, diferentes níveis de irrigação realizados por um sistema convencional de aspersão, conforme apresentado na Figura 12.

O sistema de irrigação constou de um conjunto motobomba instalado próximo à área experimental, uma adutora e uma tubulação principal, ambas de PVC de 100 mm de diâmetro e duas linhas laterais, também de PVC, de 75 mm de diâmetro. Cada linha lateral foi constituída por sete aspersores, espaçados 6 m, com controle independente. Foram utilizados 14 aspersores da marca Fabrimar, com bocais de 5,6 x 3,2 mm, operando com pressão de serviço de 280 kPa e vazão nominal de  $2,45 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ , com ângulo de inclinação do jato igual a  $23^\circ$ .

#### **3.4.1.1. Delineamento experimental e análise estatística**

O experimento foi conduzido seguindo-se um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas as gramíneas, nas subparcelas as lâminas de água avaliadas e nas subsubparcelas duas épocas climáticas outono/inverno (período seco) e primavera/verão (período chuvoso), no delineamento inteiramente ao acaso com duas repetições.

As subparcelas experimentais foram localizadas às distâncias de 0-3, 3-6, 6-9, 9-12, 12-15 e 15-18 m da linha de aspersores, nos níveis de lâminas de água  $L_5$ ,  $L_4$ ,  $L_3$ ,  $L_2$ ,  $L_1$  e  $L_0 \text{ mm ano}^{-1}$ , respectivamente, conforme apresentado na Figura 13. Assim, a dimensão de cada subparcela experimental foi de 3 m de largura e 6 m de comprimento, com área de  $18 \text{ m}^2$ . Portanto, cada parcela experimental foi formada pelas seis lâminas de água, medindo 6 m de largura por 18 m de comprimento, com área de  $108 \text{ m}^2$ .

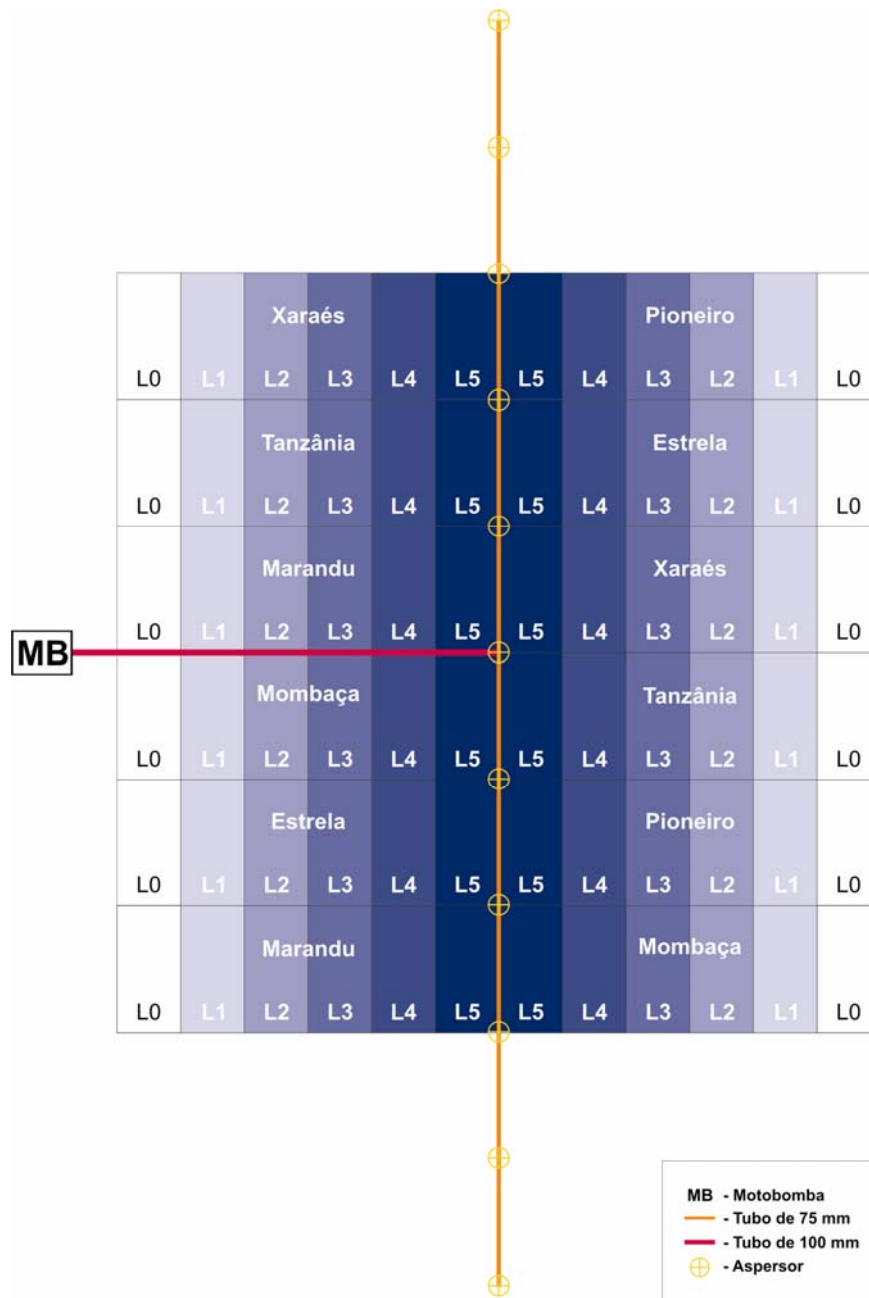


Figura 12 – Diagrama da área experimental 1.

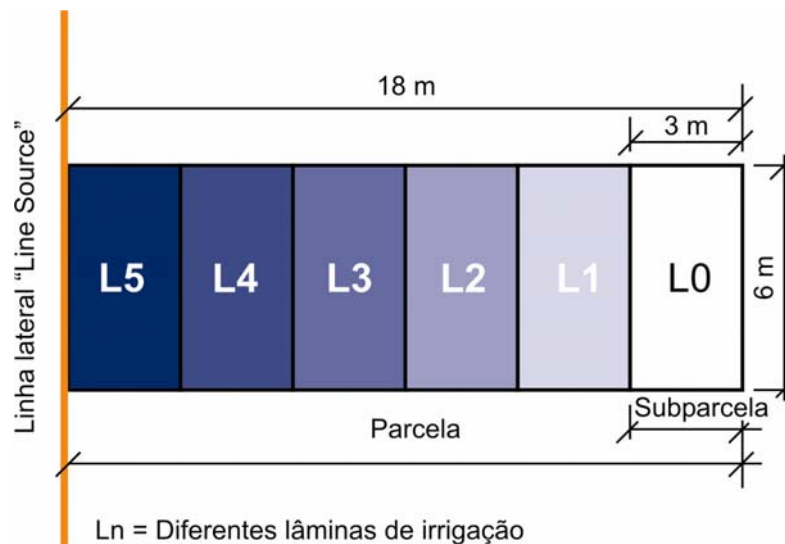


Figura 13 – Esquema da parcela com subparcelas.

Os dados foram submetidos às análises de variância e de regressão. A comparação de médias foi realizada usando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo, os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t a 10% de probabilidade, no coeficiente de determinação ( $R^2 = \text{S.Q. Regressão} / \text{S.Q. Tratamento}$ ) e no fenômeno biológico. Para realização da análise estatística da produção de matéria seca e demais componentes de produção, utilizou-se a média dos valores obtidos durante os dois anos, durante o período seco e o período chuvoso. Para execução das análises estatísticas, foi utilizado o programa estatístico “SAEG 9.0” (2005), desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa. Independentemente de a interação entre os fatores ser ou não significativa, optou-se pelo seu desdobramento, devido ao interesse em estudo.

#### 3.4.1.2. Manejo e condução da irrigação

No estágio inicial do experimento foram realizadas irrigações uniformes em todos os tratamentos, de modo a assegurar uniformidade de

germinação e completo estabelecimento das forrageiras, tendo sido utilizado para isso um sistema de aspersão convencional, disposto dentro de um espaçamento de 18 x18 m. Em seguida, as plantas foram cortadas numa altura de 20 cm, sendo, então, aplicadas as irrigações diferenciadas, utilizando-se o sistema de aspersão em linha, que se estendeu até o final da condução do experimento.

Durante o período de diferenciação dos tratamentos, a necessidade de irrigação foi determinada tomando-se como controle o tratamento  $L_4$ , parcela de referência mantida na capacidade de campo (padrão) e utilizando o monitoramento do potencial de água no solo. A escolha do tratamento  $L_4$  como controle possibilitou a obtenção de tratamentos com maior e menor níveis de irrigação (Figura 14) do que aqueles estabelecidos em função do potencial de água no solo, tendo em vista a distribuição triangular da precipitação. As lâminas de água aplicadas foram de 0, 18, 45 e 77% daquela a ser resposta no padrão (100%) e 20% a mais da lâmina necessária ao padrão (120%), totalizando seis lâminas de irrigação no experimento.



Figura 14 – Capim-xaraés antes do pastejo, lâmina de água  $L_4$  referência (a) e lâmina de água  $L_0 = 0$  (b).

O monitoramento do potencial de água no solo foi realizado com uso de tensímetro digital com tubos tensiométricos instalados a 15 e 45 cm de profundidade, com leitura feita sempre no mesmo horário, representando as camadas de 0-30 e 30-60 cm, respectivamente.

A frequência de irrigação e a quantidade de água aplicada foram determinadas em função da variação do potencial mátrico acusado pelos tensiômetros. A irrigação iniciou-se quando os tensiômetros instalados a 15 cm registraram valores de potencial matricial em torno de -60 kPa (Figura 15). Por meio do potencial mátrico dado pelo tensiômetro e da curva de retenção de água no solo, determinou-se o teor de água ( $\theta$ ). A lâmina aplicada foi calculada pela seguinte equação:

$$L = \frac{(CC - \theta)}{10} D Z \frac{1}{Ea} \quad (3)$$

em que: L = lâmina total necessária (mm); CC = capacidade de campo ( $\text{g g}^{-1}$ );  $\theta$  = teor atual de água do solo, no potencial matricial de -60 kPa ( $\text{g g}^{-1}$ ); D = densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ); Z = profundidade efetiva do sistema radicular (cm); e Ea = eficiência de aplicação de água (decimal).

A capacidade de campo foi determinada pela curva de retenção de água no solo, a qual foi também usada para determinar o ponto de murcha permanente.

A lâmina de água efetivamente aplicada foi medida com pluviômetros, instalados em cada subparcela experimental.

A lâmina total de cada tratamento foi obtida usando-se o somatório das irrigações realizadas e das precipitações ocorridas durante o período experimental.

Simultaneamente ao monitoramento da umidade do solo via tensiometria, foram coletados dados meteorológicos diários a partir de uma estação meteorológica automática da marca Metos, modelo Micrometos MCR300, instalada dentro da área experimental (Figura 16).



Figura 15 – Tensiômetro digital registrando potencial matricial de -61 kPa.



Figura 16 – Pluviômetros e estação meteorológica automática.

Os sensores dessa estação, descritos por Drumond (2003), para avaliação dos parâmetros climáticos são:

a) Temperatura – Medida em °C, com um sensor SME 160-30, com faixa de operação de -30 °C a +90 °C, com precisão de 0,5 °C.

b) Umidade relativa do ar – Medida em porcentagem, com sensor HC 200, com faixa de operação de 10 a 100% e precisão de 3%.

c) Insolação – Medida em horas de luz solar direta, com um sensor tipo foto resistor. O limiar de duração do dia é ajustado para aproximadamente 300 lux, sendo a faixa de medida de 0 a 2.000 lux.

d) Radiação solar global – Medida por um sensor do tipo fotocélula especialmente projetado para absorver a luz na faixa de 400 a 1.000 nanômetros (nm) de comprimento de onda. O corpo plástico do sensor foi projetado para fazer a correção co-seno, e a tampa semitransparente branca funciona como um difusor. A faixa medida é de 0 a 2.000 W m<sup>-2</sup>.

e) Velocidade do vento – Medida com o uso de um anemômetro de conchas operando na faixa de valores de 0,1 a 40 m s<sup>-1</sup>.

#### **3.4.1.3. Parâmetros avaliados**

Para estudar a influência das lâminas de água e das épocas do ano sobre as seis gramíneas, foram realizadas diversas determinações ao longo do experimento. Nesse período, determinaram-se: a produção de forragem passível de ser consumida (massa verde e massa seca), a porcentagem de matéria seca, a altura de plantas, a porcentagem de solo coberto pelas plantas, os teores de proteína bruta (PB), a fibra em detergente neutro (FDN) e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca da forragem (DIVMS).

Aos 45 dias após o corte de uniformização, foi realizado o primeiro pastejo monitorado nas subparcelas, de maneira que o resíduo remanescente pós-pastejo apresentasse em torno de 15% de folhas verdes remanescentes, conforme recomendação da Embrapa Gado de Leite (DERESZ, 1994). O mesmo procedimento foi adotado nas demais coletas e nos pastejos seguintes, porém com intervalos de 30 dias até o término do experimento. Os animais foram utilizados apenas como “ferramenta de corte” após a amostragem de cada gramínea, de maneira que a forragem disponível fosse consumida (Figura 17).

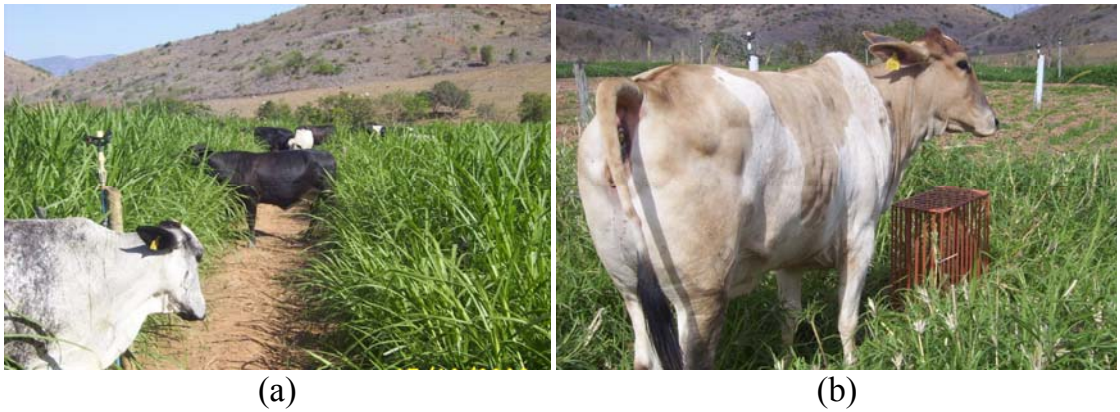


Figura 17 – Detalhe do momento da entrada (a) e da saída (b) dos animais da área experimental.

Antes da entrada dos animais, foi realizada manualmente, em uma área delimitada por uma unidade amostral metálica, de forma retangular e com o tamanho de 1,0 x 0,5 m (área útil de 0,5 m<sup>2</sup>), a coleta sistemática das amostras. A unidade amostral foi posicionada em locais predeterminados, conforme apresentado na Figura 18, evitando-se coletar amostras sucessivas nas mesmas áreas.

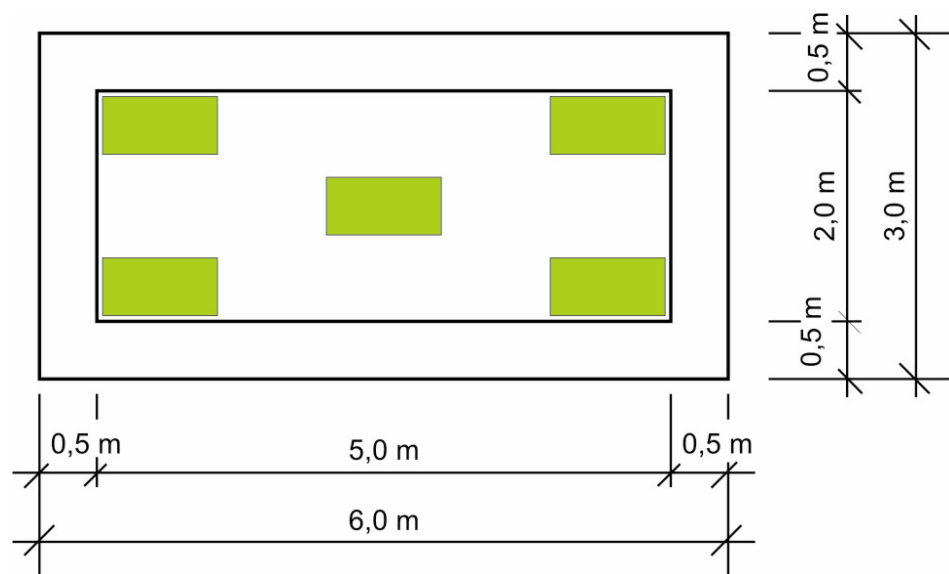


Figura 18 – Posições das coletas sistemáticas das amostras de forragem.

Dentro do quadro amostral foi medida a altura de planta, desde o solo até as extremidades das folhas apicais completamente expandidas. A porcentagem de solo coberto pelas gramíneas foi estimada visualmente por três observadores. A forragem foi colhida por meio da técnica de simulação de pastejo (Figura 19). Essa técnica consiste em colher, manualmente, forragem com características semelhantes à que seria apreendida pelos animais de cada piquete, geralmente lâmina foliar e parte do pseudocolmo.



Figura 19 – Medições da altura e coleta da massa verde, por meio da técnica de simulação de pastejo, antes da entrada dos animais.

Toda a massa verde colhida foi acondicionada em sacos plásticos, devidamente identificados, e imediatamente pesada. Em seguida, retirou-se uma subamostra, que foi novamente pesada, acondicionada em saco de papel identificado e colocada para secar a 60 °C, em estufa com circulação de ar, por um período de 72 horas.

Após a secagem, as subamostras foram pesadas novamente, moídas e guardadas em vidros com tampa e identificados, para posterior análise químico-bromatológica. As avaliações de composição químico-bromatológica foram realizadas no Laboratório da Embrapa Gado de Leite. O teor de PB foi determinado segundo o método micro Kjeldhal. A determinação da FDN

seguiu o método descrito por Goering e Van Soest (1970), sendo a DIVMS obtida de acordo com o procedimento apresentado por Tilley e Terry (1963), adaptado por Goering e Van Soest (1970).

Depois da amostragem da área experimental, colocaram-se os animais para consumirem o remanescente da forragem que não foi colhida, mantendo o pastejo até que o resíduo remanescente pós-pastejo apresentasse em torno de 15% de folhas. Os animais permaneciam na área por 6 horas, em média, em cada avaliação.

#### **3.4.1.4. Sistema radicular**

A profundidade efetiva do sistema radicular de cada forrageira, para fins de manejo da irrigação, foi determinada com um trado cilíndrico de aço com 10 cm de diâmetro e 10 cm de altura, para retirada das amostras com material de solo e raízes (Figura 20). A distribuição de raízes no perfil do solo foi avaliada em camadas sucessivas com 10 cm de profundidade até 1,00 m (Figura 21). Em todas as gramíneas, os pontos amostrados situaram a 10 cm de distância da linha de plantio.



Figura 20 – Trado cilíndrico de aço usado para retirada das amostras com material de solo e raízes.



Figura 21 – Detalhe do local e perfil amostrado em camadas sucessivas com 10 cm de profundidade até 1,00 m.

As raízes, contidas nas amostras, foram submetidas a uma rigorosa e cuidadosa limpeza, por meio de água corrente e peneiras (Figuras 22), sendo posteriormente colocadas em saco de papel identificado para secar a 60 °C, em estufa com circulação de ar, por um período de 72 horas. Depois, fez-se a pesagem em balança de precisão ( $10^{-3}$  g), obtendo valores de matéria seca de raiz (MSR) por amostra ( $\text{g recipiente}^{-1}$ ), que foram transformados para densidade de MSR ( $\text{g dm}^{-3}$ ).

A profundidade efetiva do sistema radicular das gramíneas em estudo foi determinada para o tratamento L<sub>4</sub> e obtida pelos primeiros 80% de peso das raízes distribuídas no perfil de solo de 0-100 cm de profundidade. Em cada camada foi determinada a porcentagem de peso do sistema radicular das gramíneas.



Figura 22 – Limpeza de raízes com água corrente e pesagem em balança de precisão após secagem.

#### **3.4.1.5. Compactação do solo**

O efeito da compactação do solo causada pelo pastejo foi avaliado por meio da determinação da sua densidade e da determinação da taxa de infiltração básica no início e final do período experimental. A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997), em dezoito pontos da área experimental. Essas amostras foram retiradas entre touceiras e nas camadas de 0-5, 5-15, 15-30 e 30-50 cm de profundidade. A taxa de infiltração básica (TIB), pelo método de infiltrômetro de anel (BERNARDO et al., 2006), foi realizada em doze pontos da área experimental.

Vários fatores intervêm na infiltração, entre eles o tipo e a cobertura do solo, o seu preparo e manejo e o encrostamento superficial.

A textura e a estrutura são características que influenciam expressivamente a movimentação da água no solo, uma vez que determinam a quantidade de macroporos presentes em seu perfil.

### **3.4.2. Experimento 2 – Influência da adubação nitrogenada sobre a produção de seis gramíneas forrageiras tropicais**

No plantio das gramíneas do Experimento 2 foram utilizados os mesmos procedimentos do Experimento 1.

#### **3.4.2.1. Delineamento experimental e análise estatística**

O experimento foi conduzido seguindo-se um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas um esquema fatorial 4 x 6 (doses de nitrogênio e gramíneas) e, nas subparcelas, as estações do ano, outono/inverno (período seco) e primavera/verão (período chuvoso), no delineamento em blocos casualizados com quatro repetições.

As parcelas experimentais foram de 10 m de comprimento e 8 m de largura e subdivididas em quatro subparcelas, com dimensões de 5 x 4 m. Sendo a bordadura de 0,5 m, a área útil de cada subparcela foi de 12 m<sup>2</sup>.

Em cada subparcela foi aplicada uma das doses de nitrogênio estudadas ( $N_1=100$ ,  $N_2=300$ ,  $N_3=500$  e  $N_4=700$  kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N), conforme apresentado na Figura 23. A uréia foi utilizada como fonte de N.

Para reposição da lâmina de água, utilizou-se o sistema de irrigação por aspersão convencional semifixo, constituído por linha principal e linhas laterais de PVC enterradas, com mudança apenas dos aspersores. Estes eram da marca Fabrimar, como descrito no Experimento 1, espaçamento de 18 x 18 m e ângulo de inclinação do jato igual a 23°.

Os dados foram submetidos às análises de variância e de regressão. A comparação de médias foi realizada usando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo, os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t a 10% de probabilidade, no coeficiente de determinação ( $R^2 = S.Q. \text{ Regressão} / S.Q. \text{ Tratamento}$ ) e no fenômeno biológico. Para a realização da análise estatística da produção de matéria seca, utilizou-se a média dos valores obtidos durante os dois anos do experimento, durante os períodos seco



Figura 23 – Diagrama da área experimental 2.

e chuvoso. Para execução das análises estatísticas, foi utilizado o programa estatístico “SAEG 9.0” (2005), desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa. Independentemente de a interação entre os fatores ser ou não significativa, optou-se pelo seu desdobramento, devido ao interesse em estudo.

### 3.4.2.2. Manejo e condução da irrigação

Após assegurar a uniformidade de germinação e o completo estabelecimento das forrageiras (4 meses de vedação), as plantas foram cortadas numa altura de 20 cm, sendo, então, aplicadas a lanço as adubações

nitrogenadas diferenciadas, que se estenderam até o final da condução do experimento.

Durante o período de diferenciação dos tratamentos, a necessidade de irrigação foi determinada, tomando-se como controle o tratamento N<sub>2</sub>, parcela de referência mantida na capacidade de campo (padrão) e utilizando o monitoramento do potencial de água no solo.

Foram utilizados os mesmos procedimentos experimentais do Experimento 1 para o monitoramento do potencial de água no solo, ou seja, frequência de irrigação e quantidade de água aplicada.

#### **3.4.2.3. Produtividade de matéria seca**

Para estudar a influência das adubações nitrogenadas e das épocas do ano sobre a produtividade de matéria seca passível de ser consumida das gramíneas, foram utilizados os mesmos procedimentos experimentais do Experimento 1.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Elementos meteorológicos

Nas Figuras 24 a 28, encontram-se os valores médios mensais dos elementos meteorológicos obtidos durante o período estudado.

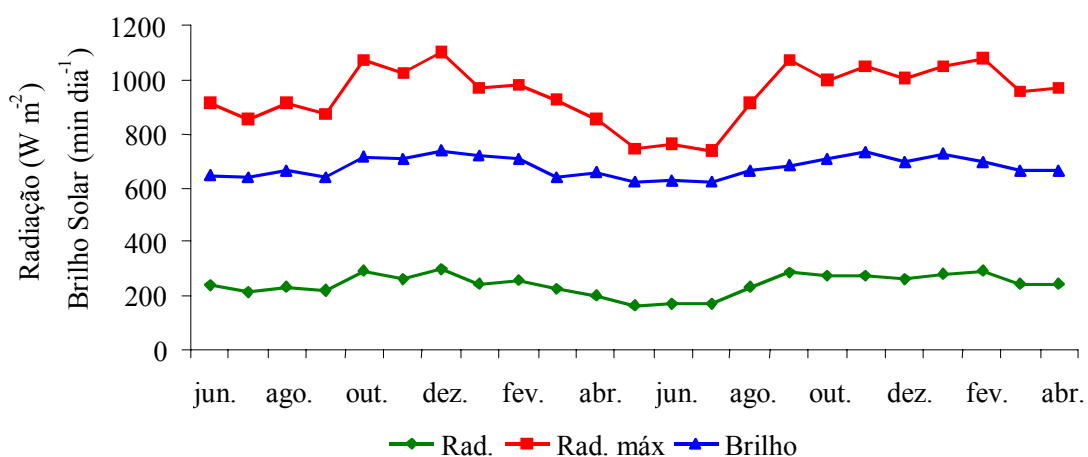


Figura 24 – Variação mensal das radiações solares média (Rad.) e máxima (Rad. máx.) ( $\text{W m}^{-2}$ ) e do brilho solar médio diário ( $\text{min dia}^{-1}$ ), no período de junho de 2003 a abril de 2005.

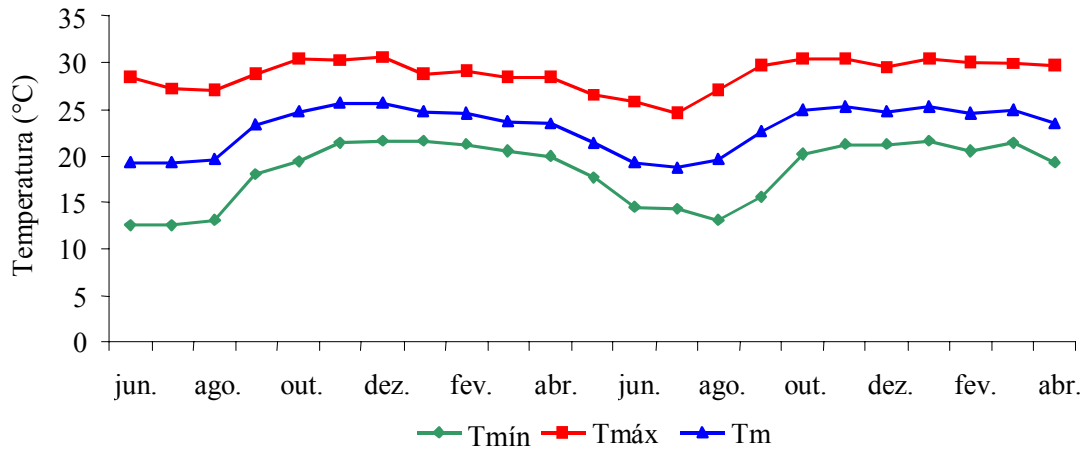


Figura 25 – Variação mensal das temperaturas mínima (Tmín), máxima (Tmáx) e média (Tm) (°C), no período de junho de 2003 a abril de 2005.

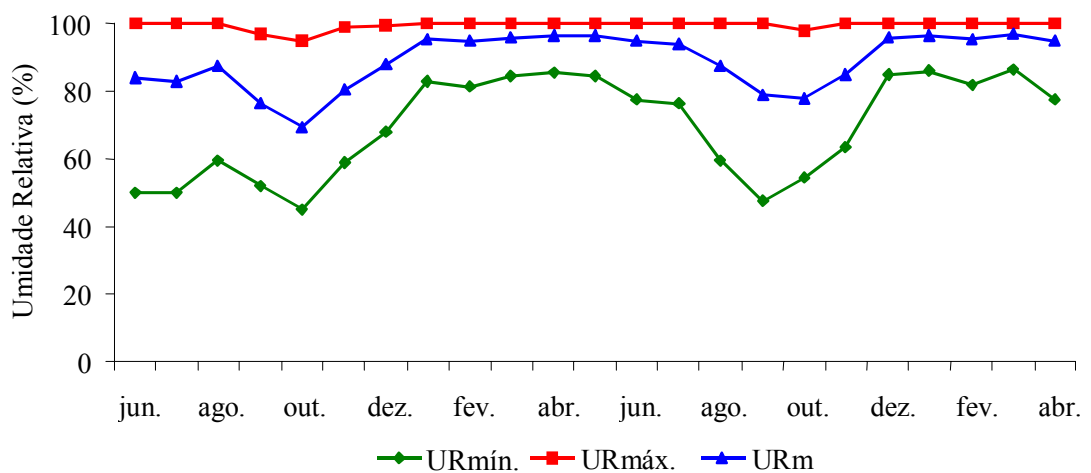


Figura 26 – Variação mensal das umidades relativas mínima (URmín), máxima (URmáx) e média (URm) (%), no período de junho de 2003 a abril de 2005.

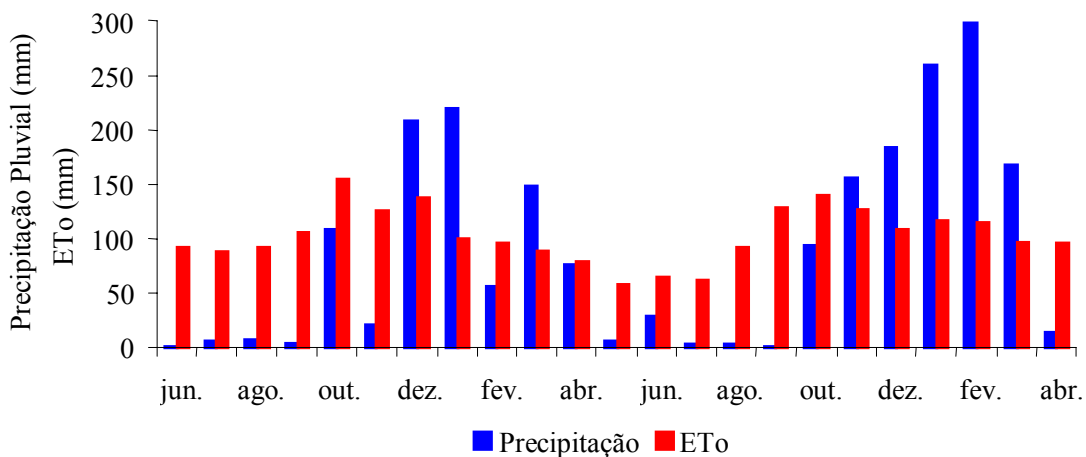


Figura 27 – Variação mensal da precipitação pluvial (mm) e da evapotranspiração de referência (ETo) (mm), no período de junho de 2003 a abril de 2005.

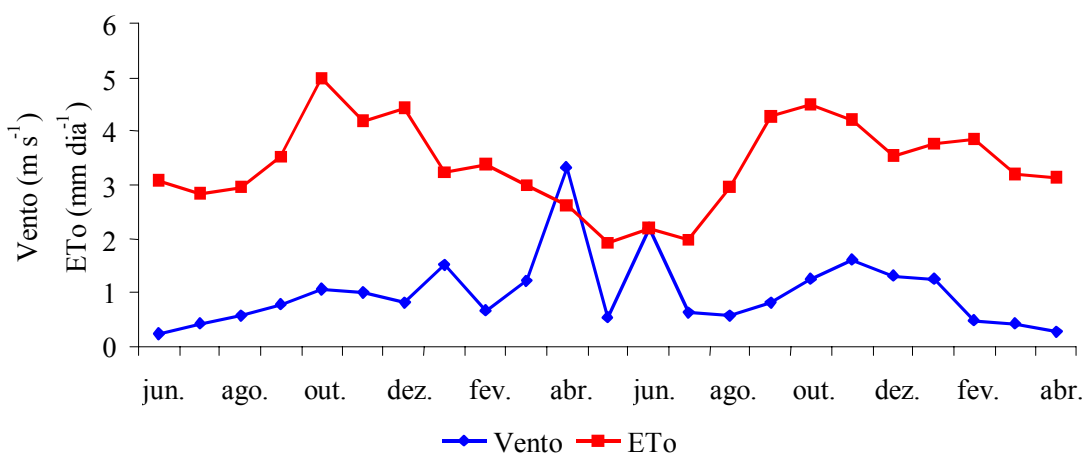


Figura 28 – Variação diária da velocidade do vento (m s<sup>-1</sup>) e da evapotranspiração de referência (ETo) (mm dia<sup>-1</sup>), no período de junho de 2003 a abril de 2005.

Os valores máximos mensais de radiação solar (Figura 24) apresentaram grandes oscilações durante todo o período experimental e variaram de 738 a 1.103 W m<sup>-2</sup>, nos períodos seco (entre abril e setembro) e chuvoso (entre outubro e março), respectivamente. Esse comportamento influenciou os valores de temperatura (Figura 25) e, conseqüentemente, os de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) (Figuras 27 e 28). Os valores médios de temperatura durante o período experimental variaram de 18,7 a 25,6 °C, sendo máximos entre os meses de outubro e março e mínimos entre os meses de abril e setembro. Os valores médios mensais de ET<sub>o</sub> durante o estudo variaram de 1,92 a 4,98 mm dia<sup>-1</sup>, sendo mínimo em maio de 2004 e máximo em outubro de 2003.

Os valores médios de umidade relativa (Figura 26) variaram entre 69 e 97%. O comportamento da umidade relativa foi o oposto da radiação solar e da temperatura, observando-se valores máximos entre os meses de dezembro e maio e mínimos entre os meses de junho e novembro.

A precipitação pluvial (Figura 27) foi praticamente nula entre os meses de abril e setembro (período outono/inverno), salvo 76 e 28 mm precipitados em abril e junho de 2004, respectivamente. No período de outubro de 2003 a março de 2004 (período primavera/verão), a precipitação pluvial foi de 763 mm e de outubro de 2004 a março de 2005, de 1.158 mm.

Os valores médios mensais da velocidade do vento (Figura 28) durante o estudo variaram de 0,23 a 3,3 m s<sup>-1</sup>, sendo mínimo em junho de 2003 e máximo em abril de 2004.

#### **4.2. Manejo da irrigação**

Durante o período experimental ocorreram, em média, 1.041 mm ano<sup>-1</sup> de chuva, sendo essa precipitação igual a 60,8% da lâmina total do tratamento 120% da lâmina de referência e 91,2% da lâmina total do tratamento de 18% da lâmina de referência.

Na Tabela 4 encontram-se as lâminas médias aplicadas por ano durante o período de diferenciação dos tratamentos, que compreendeu 19 irrigações por ano, utilizando-se o sistema de aspersão em linha, com frequência de irrigação em função da variação do potencial mátrico obtido nos tensiômetros, em torno de -60 kPa. Encontram-se também, nessa tabela, os valores das lâminas médias totais de água recebidas pelos diferentes tratamentos, em todo o período experimental, resultantes do somatório das aplicações realizadas com o sistema de aspersão em linha e as chuvas.

Tabela 4 – Lâminas médias (LM) e precipitação média, recebidas pelos diferentes tratamentos

Níveis de Água	Precipitação Média (mm ano <sup>-1</sup> )	LM Aplicada Out./Inv. (mm)	LM Aplicada Prim./Ver. (mm)	LM Aplicada (mm ano <sup>-1</sup> )	LM Total (mm ano <sup>-1</sup> )
L <sub>5</sub>	1.041	408	264	672	1.713
L <sub>4</sub>	1.041	340	220	560	1.601
L <sub>3</sub>	1.041	262	169	431	1.472
L <sub>2</sub>	1.041	153	99	252	1.293
L <sub>1</sub>	1.041	61	40	101	1.142
L <sub>0</sub>	1.041	0	0	0	1.041

### 4.3. Compactação do solo

#### 4.3.1. Densidade do solo

Na Tabela 5 estão apresentados os valores médios da densidade do solo para as diversas camadas antes e depois da realização do experimento. Observou-se, na camada de 0-5 cm, que a densidade do solo aumentou, porém esse aumento foi desprezível. Estudos têm apontado que o aumento da densidade do solo provocado pelo pisoteio animal é agravado quanto menor for o potencial mátrico do solo, ou seja, quanto maior for seu teor de água (IMHOFF et al., 2000). Entretanto, nesta pesquisa foi utilizada a irrigação, e

Tabela 5 – Densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ) antes e depois da realização do experimento em diferentes camadas

Avaliações	Camada do Solo (cm)			
	0-5	5-15	15-30	30-50
Antes	1,354	1,382	1,391	1,456
Depois	1,373	1,302	1,328	1,440

nem por isso se verificou expressivo aumento na densidade do solo. Isso talvez em razão do intervalo hídrico ótimo, que é a paralisação da aplicação da irrigação alguns dias antes da entrada dos animais, como citado por Leão et al. (2004). Outra condição que propicia aumento mais considerável na densidade do solo explorado com pastagem é a utilização de sistemas intensivos. Em sistemas de pastejo intensivo, a probabilidade de que ocorra pisoteio repetidamente no mesmo local aumenta, promovendo acréscimos nos valores de densidade do solo entre 7 e 18% (AZENEGASHE et al., 1997). Segundo Primavesi (1982), um bovino de 400 kg pisoteando o solo exerce uma pressão de  $3,5 \text{ kgf cm}^{-2}$ . Esse mesmo autor comparou com outros tipos de carga, relatando que os ovinos (60 kg), homens (70 kg), tratores de esteira e um caminhão (15 t) exercem uma pressão de pisoteio de 2,1; 0,73; 0,38; e  $5,97 \text{ kgf cm}^{-2}$ , respectivamente. Além da umidade do solo e da taxa de lotação animal empregada, a densidade do solo é também influenciada pela idade e tipo de forrageira, pela textura do solo (IMHOFF et al., 2000) e pela cobertura do solo (MÜLLER et al., 2001).

Para as demais camadas de solo, abaixo de 0-5 cm, apesar do pisoteio animal, a densidade do solo não aumentou; ao contrário, diminuiu. Essa pequena redução na densidade do solo nas camadas de 5 a 50 cm possivelmente foi devida ao desenvolvimento do sistema radicular, que alternaram ciclos de apodrecimento e crescimento durante o período experimental.

### 4.3.2. Taxa de infiltração básica (TIB)

Na Tabela 6 estão apresentados os valores médios da taxa de infiltração básica (TIB) de água no solo antes e depois da realização do experimento. Observa-se que o pastejo ocasionou redução da TIB de 67%. Pela classificação proposta por Bernardo et al. (2006), observou-se que a TIB antes do pastejo era muito alta e, após o pastejo, média. Primavesi (1982), estudando a influência do pastejo na infiltração de água no solo, concluiu que o sistema intensivo de pastagem reduziu em 59% a TIB do solo. Possivelmente, essa redução foi devida ao encrostamento superficial do solo proporcionado pelo pisoteio animal. Segundo Brandão et al. (2003), quando ocorre encrostamento superficial, a sua superfície apresenta-se compacta e, embora a espessura da camada seja pequena, seu efeito sobre as propriedades físicas do solo influencia, acentuadamente, as condições de infiltração. O efeito do encrostamento neste trabalho é evidenciado quando se observa na Tabela 5 que, nas camadas de solo imediatamente inferiores à camada superficial, as densidades diminuíram. Já a não-redução na densidade do solo apenas na camada superficial foi devida, possivelmente, à compactação nos primeiros milímetros de solo (encrostamento).

Tabela 6 – Taxa de infiltração básica (TIB) antes e depois da realização do experimento

Avaliações	Antes	Depois
TIB (mm h <sup>-1</sup> )	37,0	12,0

Brandão et al. (2003) relataram que solos intemperizados são caracterizados pela predominância de óxidos de ferro e alumínio em relação às argilas silicatadas. Portanto, para as condições brasileiras, a estrutura do solo pode exercer influência muito mais expressiva na taxa de infiltração do que a textura.

#### 4.4. Experimento 1 – Influência das lâminas de água sobre a produção e composição bromatológica de seis gramíneas forrageiras tropicais

##### 4.4.1. Produtividade de matéria seca

Na Tabela 7, observa-se que o efeito proporcionado pelas diferentes gramíneas na produtividade de matéria seca (MS) passível de ser consumida foi dependente da lâmina de irrigação e da estação do ano. Na estação outono/inverno para a lâmina de irrigação de 45% da referência (252 mm), a maior ( $p<0,05$ ) produtividade de MS foi verificada no capim-xaraés e as menores, ( $p<0,05$ ) nos capins Mombaça e Marandu. Nas demais lâminas de irrigação, não se verificou diferença ( $p<0,05$ ). Na estação primavera/verão e na lâmina de irrigação de 18% da referência (101 mm), não se verificou diferença ( $p>0,05$ ) entre as gramíneas; nas demais lâminas, houve diferença ( $p<0,05$ ), em que no geral o capim-xaraés se destacou por apresentar maior produtividade em relação às demais gramíneas.

Tabela 7 – Valores médios de matéria seca passível de ser consumida ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), sob condições de pastejo nas respectivas combinações de lâminas de irrigação, gramíneas e estações do ano

Gramínea	0% (0 mm)		18% (101 mm)		45% (252 mm)	
	Out./Inv.	Pri./Ver.	Out./Inv.	Pri./Ver.	Out./Inv.	Pri./Ver.
Xaraés	4.186 Ab	7.622 Aa	5.090 Ab	7.869 Aa	7.063 Aa	8.164 Aa
Mombaça	3.718 Ab	6.535 ABa	4.366 Ab	6.227 Aa	4.620 Bb	7.494 ABa
Tanzânia	3.585 Ab	6.385 ABa	3.987 Ab	6.272 Aa	5.082 ABb	6.716 ABa
Pioneiro	4.202 Ab	7.543 Aa	4.962 Ab	6.854 Aa	5.419 ABb	6.915 ABa
Marandu	4.065 Ab	6.794 ABa	4.154 Ab	6.481 Aa	4.805 Ba	5.754 Ba
Estrela	4.333 Aa	5.443 Ba	4.358 Ab	7.612 Aa	6.150 ABa	7.229 ABa

Gramínea	77% (431 mm)		100% (560 mm)		120% (672 mm)	
	Out./Inv.	Pri./Ver.	Out./Inv.	Pri./Ver.	Out./Inv.	Pri./Ver.
Xaraés	6.269 Ab	8.504 Aa	6.870 Aa	7.413 ABa	6.352 Ab	8.237 Aa
Mombaça	5.483 Aa	6.214 Ba	4.847 Ab	6.137 ABa	6.167 Aa	6.247 ABa
Tanzânia	5.422 Aa	6.600 ABa	5.095 Aa	5.435 Ba	4.895 Aa	5.928 Ba
Pioneiro	5.009 Ab	6.675 ABa	5.625 Aa	5.890 ABa	5.425 Aa	5.970 Ba
Marandu	4.891 Ab	7.026 ABa	5.050 Aa	5.560 ABa	5.056 Aa	5.868 Ba
Estrela	5.907 Ab	7.318 ABa	6.300 Ab	7.537 Aa	5.128 Ab	6.629 ABa

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na linha, em cada lâmina de irrigação, e seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).

As médias da produtividade de MS dos capins Xaraés, Estrela, Marandu, Mombaça, Tanzânia, Pioneiro foram de 13.940, 12.324, 11.748, 11.343, 10.917 e 10.900 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente. Na literatura, o potencial produtivo dessas gramíneas, Pioneiro, Mombaça, Tanzânia, Xaraés e Estrela, foi de 47, 33, 26, 21 e 20 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente (JANK et al., 2005; PEDREIRA; TONATO, 2006). Percebe-se que todas as produtividades de MS dos capins estudados ficaram abaixo do potencial produtivo, pois, para a planta produzir o seu potencial, é necessário que vários fatores responsáveis para o seu crescimento e desenvolvimento estejam em condições ótimas, como clima, adubação e umidade do solo, entre outros. Outra possível explicação seria o fato de a matéria seca ter sido obtida pelo método de simulação de pastejo. Dessa forma, apenas a forragem potencialmente consumível é considerada, e assim seu valor é subestimado ao ser comparado com as produtividades potenciais, que consideram toda a matéria seca (folhas e colmos). Isso é comprovado ao analisar a produtividade de MS do capim-pioneiro, que foi demasiadamente baixa em relação ao seu potencial, cerca de apenas 25%, enquanto as outras gramíneas produziram cerca de 50% do potencial. O capim-pioneiro possui crescimento rápido (JANK et al., 2005), o que faz alongar seu colmo. Dessa forma, maior quantidade de componente de produção (colmo) foi deixado no campo, o que contribuiu para a menor produtividade.

Estabelecendo comparações entre os dois capins da espécie *Brachiaria brizantha*, Xaraés e Marandu, observou-se que, dentro de algumas lâminas de irrigação e estações do ano, não houve diferença ( $p>0,05$ ) entre suas produtividades de MS, porém, em “valor numérico”, o capim-xaraés apresentou maior produtividade de MS em relação ao Marandu. Esse mesmo comportamento foi verificado por Rodrigues (2004), trabalhando com os mesmos capins no Município de Planaltina, DF, em sistema irrigado, com intervalos de corte de 28 dias e dose nitrogenada de 75 kg ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup>. A produtividade de MS no período de março a outubro de 2003 dos capins Xaraés e Marandu foram de 6.211 e 5.856 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente,

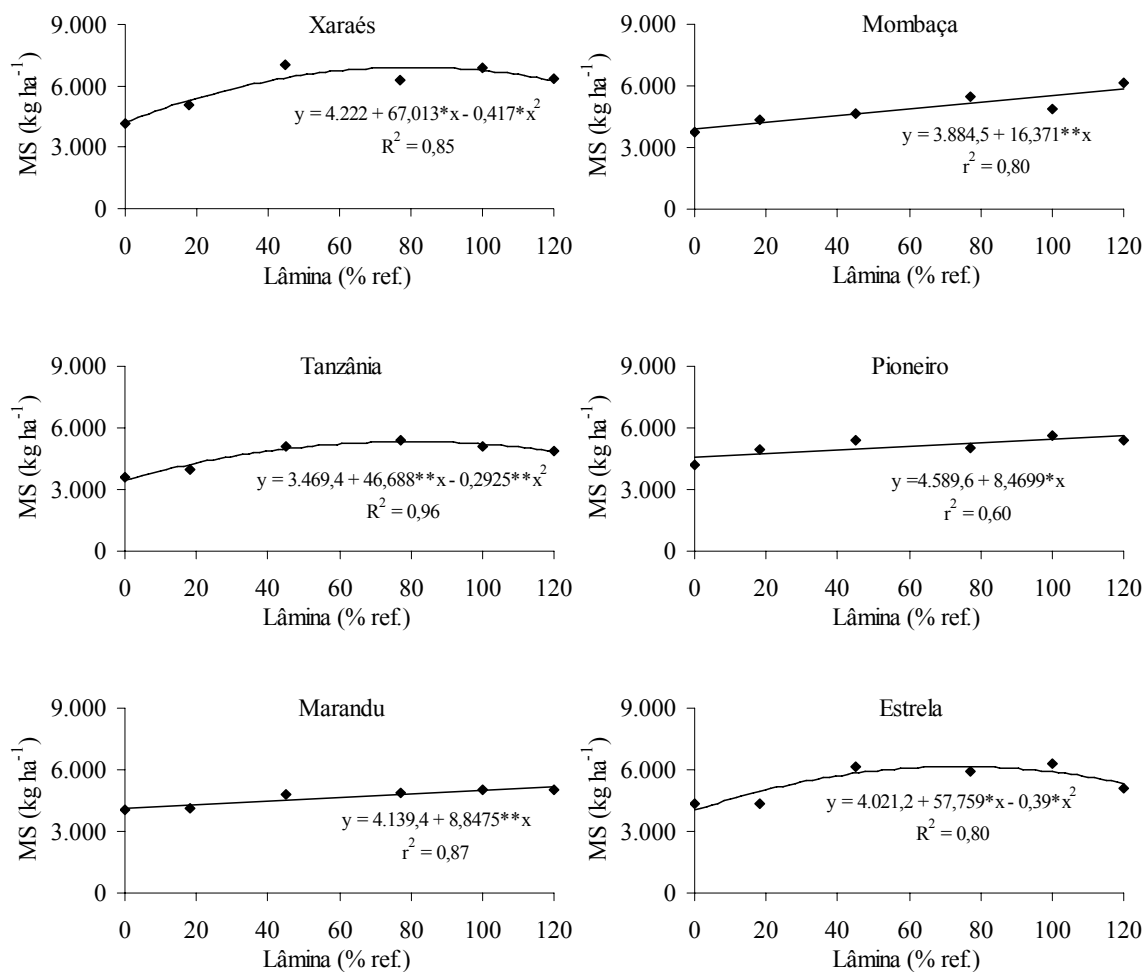
porém a diferença de 355 kg não foi significativa ( $p>0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Observou-se que, independentemente das estações do ano e das distintas lâminas de irrigação, as duas cultivares de *Panicum* não diferiram entre si ( $p>0,05$ ). Santos et al. (2003) verificaram, em seu trabalho sob irrigação, que os capins Tanzânia e Mombaça também não diferiram quanto à produtividade de MS. Esse trabalho foi realizado no Município de Recife, PE, utilizando-se adubação nitrogenada com 50 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N e 20 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de esterco bovino e com intervalo de cortes de 35 dias. Soares Filho (2001), cultivando ambos os capins em sistema não-irrigado no Município de Piacatu, SP, com adubação nitrogenada de 200 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e intervalos de corte de 35 e 49 dias nas estações chuvosa e seca, respectivamente, também não observou diferença de produtividade de MS entre os capins Tanzânia e Mombaça. Porém, esse mesmo autor encontrou maiores produtividade de MS (Tanzânia: 11.800 kg ha<sup>-1</sup> e Mombaça: 11.400 kg ha<sup>-1</sup>) na estação chuvosa, em comparação com o presente trabalho, e menores produtividades de MS (Tanzânia 2.100 kg ha<sup>-1</sup> e Mombaça 1.600 kg ha<sup>-1</sup>) na estação seca, em relação aos resultados deste trabalho (Tabela 7). A produtividade de MS na estação seca foi de 18 e 14% em relação à estação chuvosa, para os capins Tanzânia e Mombaça, respectivamente. Neste trabalho, essa mesma relação foi em média de 75%, em ambos os capins. Diante disso, pode-se comprovar que a irrigação ajuda a equilibrar a produção de MS entre as estações de seca e chuvosa. Entre os anos 1960 e 1970, Ladeira et al. (1966), Pereira (1966), Andrade (1972), Ghelfi Filho (1972) e Carvalho et al. (1975), entre outros pesquisadores, obtiveram resultados pouco animadores em seus trabalhos com irrigação de pastagens, gerando uma crença de que essa tecnologia não era viável. Naquela época, os pesquisadores, quando compararam com a produção total do ano, as produções da safra (primavera e verão) e da entressafra (outono e inverno) não se equilibravam, refletindo um dos maiores problemas da bovinocultura no Brasil, que é a estacionalidade de produção dos pastos. Porém, a partir de 1980

os trabalhos passaram a comparar as produções de entressafra com as da safra, mudando o panorama da técnica de irrigação em pastagens.

Verifica-se também na Tabela 7 que a produtividade de MS nos diversos tratamentos foi, em geral, maiores ( $p < 0,05$ ) na estação primavera/verão em relação à estação outono/inverno. Esse resultado é decorrente das menores temperaturas observadas na estação outono/inverno (Figura 25). Dessa forma, houve queda no metabolismo da planta, resultando em menores taxas de perfilhamento, de aparecimento de folhas e de alongamento de folhas e colmo e, conseqüentemente, menores taxas evapotranspirométricas. Convém salientar que a temperatura de inverno na região do Município de Governador Valadares é maior que nas regiões (Viçosa, MG, Piracicaba, SP; e Triângulo Mineiro) onde no passado foram desenvolvidos trabalhos de pesquisa com irrigação de pastagem. Diante disso, é possível justificar a não-interferência da estação em alguns tratamentos. Nessas regiões (Viçosa, MG; Piracicaba, SP; e Triângulo Mineiro), experimentos foram montados, e verificou-se expressiva produtividade de MS na estação primavera/verão em relação ao período outono/inverno.

As lâminas de irrigação proporcionaram efeito ( $p < 0,05$ ) na produtividade de MS. Na Figura 29, em que são apresentadas as equações para estimativa da produtividade de MS para as gramíneas cultivadas na estação outono/inverno, observou-se que a lâmina de irrigação proporcionou efeito linear e positivo ( $p < 0,05$ ) nas gramíneas Mombaça, Pioneiro e Marandu, ou seja, o aumento da lâmina de irrigação proporcionou aumento na produtividade de MS. Nas demais gramíneas, Xaraés, Tanzânia e Estrela, observou-se resposta quadrática ( $p < 0,05$ ), em que os máximos estimados foram nas lâminas de irrigação de 80% (450 mm), 80% (450 mm) e 74% da referência (415 mm), respectivamente. Lourenço (2004), avaliando o capim-tanzânia no Município de Piracicaba, SP, submetido a diferentes lâminas de irrigação e adubação nitrogenada, observou que, independentemente da adubação nitrogenada, a produtividade máxima de MS foi obtida com lâmina de irrigação entre 75 e 100% da evapotranspiração de referência. Esse mesmo



\*  $p < 0,05$  e \*\*  $p < 0,01$

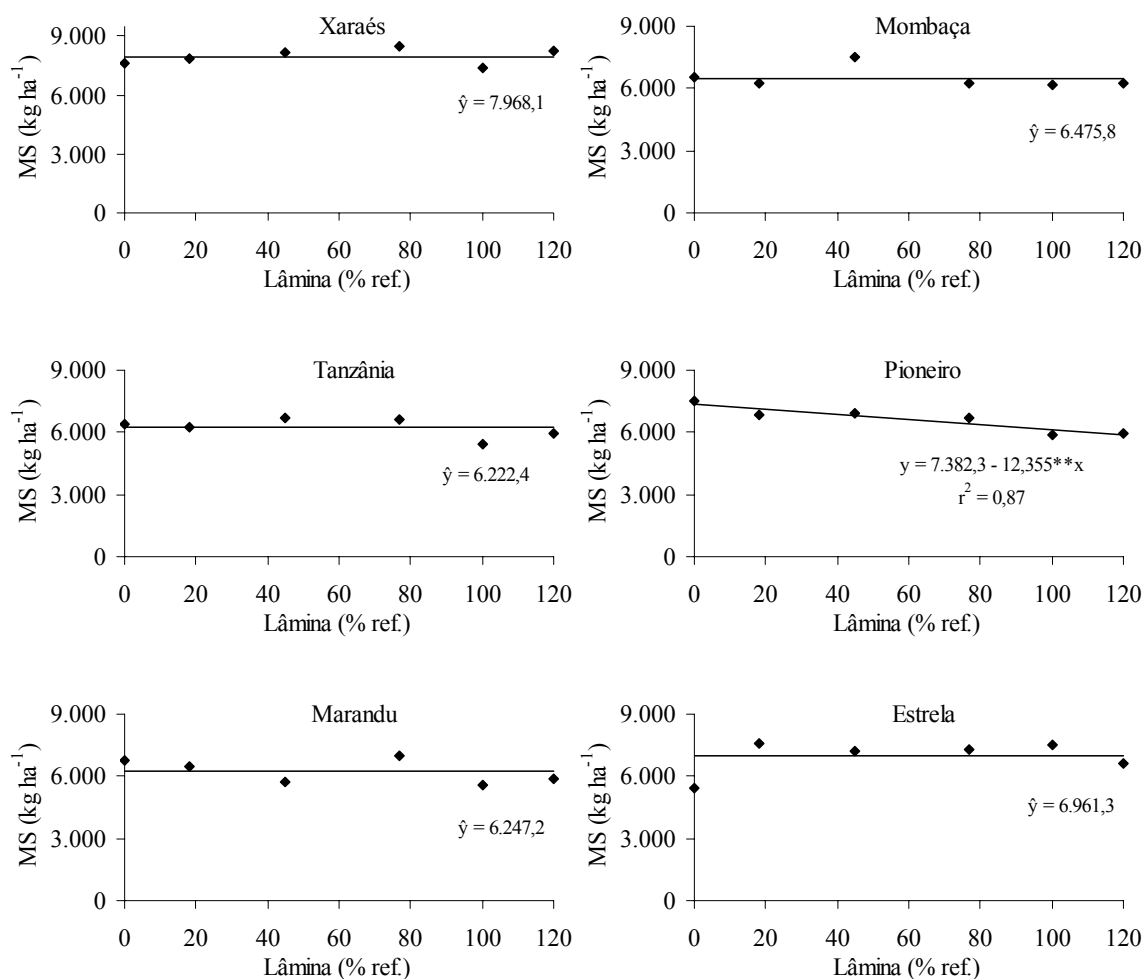
Figura 29 – Estimativa da produtividade de matéria seca passível de ser consumida (kg ha<sup>-1</sup>) de seis gramíneas forrageiras sob condições de pastejo, no período de outono/inverno, em função das lâminas de irrigação (% referência).

autor verificou que, quanto maior a dose de nitrogênio, mais significativo o efeito da deficiência hídrica na produção de forragem do capim-tanzânia. Ou seja, quanto mais intensificado o sistema de produção, maior a redução na produtividade quando ocorrerem veranicos. Dessa forma, o sistema de irrigação se torna um atrativo importante ao pecuarista, para que se possam evitar os riscos climáticos, para garantir a produção.

Lopes et al. (2003), avaliando o efeito da irrigação e adubação no Município de Viçosa, MG, verificaram que esses fatores não foram suficientes

para promover incrementos significativos na disponibilidade de matéria seca do capim-elefante no período seco (outono/inverno), em razão, principalmente, das baixas temperaturas. Esses mesmos autores também concluíram que a utilização da irrigação, apesar de não eliminar o efeito da estacionalidade de produção do capim-elefante, permitiu uma antecipação do período de crescimento das plantas, quando a temperatura não foi limitante, ocasionando aumento significativo da disponibilidade de forragem ao longo do ano, além de assegurar a estabilidade da produção no verão.

Na Figura 30, em que são apresentadas as estimativas da produtividade de MS para as gramíneas cultivadas na estação primavera/verão, observou-se que não houve efeito ( $p>0,05$ ) de lâminas de irrigação na produtividade de MS, com exceção do capim-pioneiro. Pinheiro (2002), avaliando o capim-tanzânia no Município de Piracicaba, SP, também não observou aumento de MS quando aplicadas distintas lâminas de irrigação, porém esse mesmo autor relatou que a irrigação de pastagem é uma estratégia complementar do pecuarista para otimizar a produção anual de MS na propriedade. Outro trabalho realizado no Município de Piracicaba, SP, em que não houve resposta da produtividade de MS à lâmina de irrigação, foi o de Cunha (2004), também avaliando o capim-tanzânia. Em ambos os trabalhos, os autores atribuíram à precipitação pluvial o fator minimizador do efeito das lâminas de irrigação. Além disso, ausência de efeito na produtividade de MS pelo aumento da lâmina de irrigação pode ser justificada pelo acúmulo de nutrientes aplicados na estação outono/inverno nas parcelas em condições de menor umidade do solo, sendo depois disponibilizados na estação chuvosa (primavera/verão), mascarando o efeito proporcionado pelas lâminas. Já com relação ao capim-pioneiro, verificou-se efeito linear negativo ( $p<0,05$ ), ou seja, o aumento da lâmina de irrigação proporcionou queda na produtividade de MS. Esse resultado pode, possivelmente, ser justificado pelo mesmo motivo do acúmulo de nutrientes no período seco, pela disponibilização destes no período chuvoso e pela baixa resistência dessa gramínea ao excesso de umidade no solo, quando ocorreram precipitações logo após as irrigações. Esse resultado é semelhante aos encontrados por Sória et al. (2003) no Município de Piracicaba, SP, onde o aumento da lâmina de irrigação proporcionou redução na produtividade de MS do capim-tanzânia.



\*  $p < 0,05$  e \*\*  $p < 0,01$

Figura 30 – Estimativa da produtividade de matéria seca passível de ser consumida (kg ha<sup>-1</sup>) de seis gramíneas forrageiras, sob condições de pastejo, no período de primavera/verão, em função das lâminas de irrigação (% referência).

Aguiar et al. (2002a), avaliando o capim-mombaça no Município de Uberaba, MG, verificaram comportamento diferente ao observado neste trabalho. Tanto no período frio quanto no quente, o capim irrigado apresentou maior produtividade de MS em relação ao capim cultivado em sistema de sequeiro. Já com relação ao capim-tanzânia, Aguiar et al. (2002b), nesse mesmo município, observaram valores favoráveis às áreas irrigadas apenas durante o período frio. Devido às chuvas abundantes no período quente, a produtividade sem irrigação atingiu valores mais elevados que o irrigado.

#### 4.4.2. Porcentagem de matéria seca

Na Tabela 8, observa-se que o capim-pioneiro, independentemente da lâmina de irrigação e da estação do ano, foi a gramínea que apresentou menor ( $p<0,05$ ) porcentagem de MS (PMS). No entanto, também independentemente da lâmina de irrigação e da estação do ano, a Estrela foi a gramínea que apresentou maior ( $p<0,05$ ) PMS. Isso significa que os capins Pioneiro e Estrela possuem, respectivamente, maior e menor teor de água na folha. O primeiro, por apresentar baixos teores de matéria seca, pode limitar o seu consumo pelos animais. Euclides (1995), entre outros autores, mencionaram que baixos teores de MS em gramíneas forrageiras são um dos fatores que limitam o consumo destas pelos animais. Em contrapartida, Estrela, além de não apresentar essa desvantagem, ainda possui a vantagem de poder ser ensilada caso essa seja a sua destinação. As gramíneas tropicais para a ensilagem necessitam ser colhidas no seu estágio vegetativo precoce, enquanto a digestibilidade e o teor de proteína permanecem elevados. Caso o teor de água do capim esteja elevado, há possibilidade de redução da qualidade da silagem devido à fermentação indesejável.

Estabelecendo comparações entre os capins Xaraés e Marandu, pertencentes à *Brachiaria brizantha*, e Tanzânia e Mombaça, pertencentes ao *Panicum maximum*, verificou-se, na Tabela 8, que não houve diferença ( $p>0,05$ ). A semelhança da PMS dos capins Tanzânia e Mombaça também não foi observada por Coan et al. (2005) em trabalho realizado no Município de Conceição das Alagoas, MG, em sistema de sequeiro, com intervalos de corte de 45 e 60 dias e adubação nitrogenada de 55 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Esses autores concluíram que, no intervalo de corte de 45 dias, os capins não apresentaram diferença de PMS, porém, no intervalo de corte de 60 dias, o capim-tanzânia teve maior valor, obtendo-se melhores condições para o processo de ensilagem, em comparação com o capim-mombaça. Já Gerdes et al. (2000a), avaliando os capins Tanzânia e Marandu, no Município de Nova Odessa, SP, em sistema de sequeiro, com intervalos de corte de 35 dias e adubação

Tabela 8 – Valores médios de porcentagem de matéria seca (%), sob condições de pastejo, das respectivas combinações de lâminas de irrigação, gramíneas e estações do ano

Gramínea	0% (0 mm)		18% (101 mm)		45% (252 mm)	
	Out./Inv.	Pri./Ver.	Out./Inv.	Pri./Ver.	Out./Inv.	Pri./Ver.
Xaraés	28,69 Aa	23,60 Ab	27,73 ABa	24,27 Ab	25,96 ABa	24,80 Aa
Mombaça	27,78 Aa	24,63 Ab	26,23 Aa	24,63 Aa	25,12 Ba	26,14 Aa
Tanzânia	26,57 Aa	23,39 Ab	26,12 Aa	24,03 Ab	25,25 Ba	24,40 Aa
Pioneiro	19,66 Ba	17,94 Ba	19,10 Ba	17,28 Bb	17,87 Ca	17,10 Ba
Marandu	29,40 Aa	22,66 Ab	28,88 Aa	23,06 Ab	26,35 ABa	24,31 Ab
Estrela	29,58 Aa	25,17 Ab	29,48 Aa	26,06 Ab	28,84 Aa	26,05 Ab

Gramínea	77% (431 mm)		100% (560 mm)		120% (672 mm)	
	Out./Inv.	Pri./Ver.	Out./Inv.	Pri./Ver.	Out./Inv.	Pri./Ver.
Xaraés	24,87 Aa	25,71 Aa	25,29 ABa	24,70 Aa	23,65 Ba	24,65 Aa
Mombaça	25,15 Aa	25,78 Aa	24,34 ABb	26,21 Aa	24,44 Ba	25,41 Aa
Tanzânia	25,57 Aa	25,40 Aa	24,00 Ba	24,84 Aa	23,69 Ba	24,11 Aa
Pioneiro	17,04 Ba	17,55 Ba	16,71 Ca	17,21 Ba	17,14 Ca	17,69 Ba
Marandu	26,36 Aa	24,75 Aa	24,30 ABa	25,38 Aa	24,12 Ba	24,21 Aa
Estrela	27,80 Aa	26,72 Aa	27,71 Aa	25,88 Ab	27,98 Aa	27,00 Aa

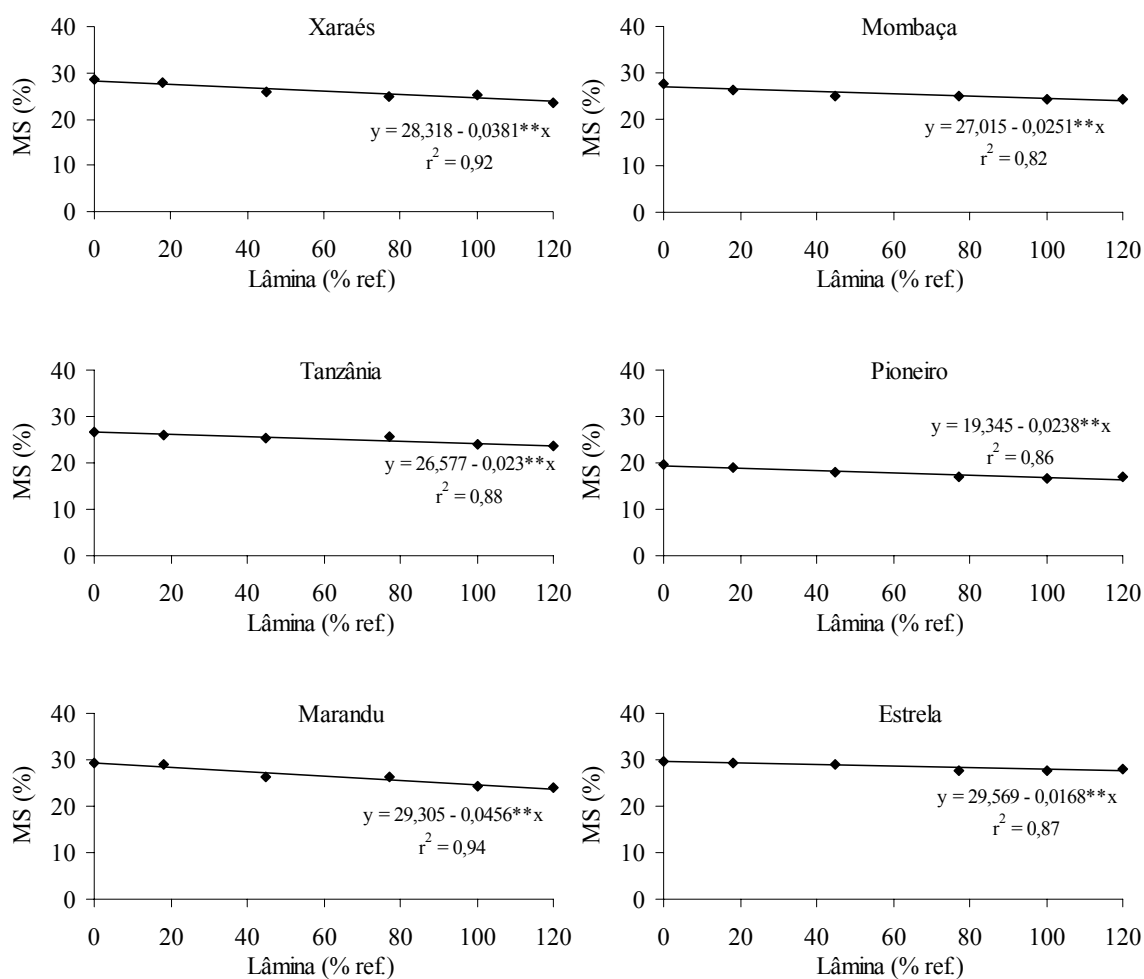
Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na linha, em cada lâmina de irrigação, e seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

nitrogenada de  $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , observaram que o capim-marandu obteve maior PMS em relação ao Tanzânia, no outono e no verão; nas demais estações, essa diferença não foi verificada. Os valores de PMS obtidos por esses autores ficaram compreendidos entre 19,4 e 23,6 e foram menores que os encontrados neste trabalho. Essa diferença pode ter sido proporcionada pela diferença do sistema de manejo da pastagem utilizado nas duas pesquisas, pois, neste estudo, utilizou-se o pastejo e, no trabalho de Gerdes et al. (2000a), o corte. Outro fator que pode ter proporcionado diferença seria a irrigação utilizada nesta pesquisa, porém mais estudos devem ser realizados para comprovar essa hipótese.

Verifica-se também, na Tabela 8, que nas menores lâminas de irrigação os valores de PMS em geral foram menores ( $p < 0,05$ ) na estação primavera/verão. A partir da lâmina de irrigação de 77% da referência (431 mm), a estação não influenciou ( $p > 0,05$ ) essa característica. Na literatura,

verificam-se resultados diferentes como os obtidos por Gerdes et al. (2000a), mencionado anteriormente. Obtendo a média das estações primavera/verão, observaram valores de PMS superiores à média da estação outono/inverno. Esse comportamento pode ser justificado devido ao alongamento da planta provocado pelo efeito de acúmulo dos nutrientes aplicados na estação outono/inverno, nas parcelas em condições de menor umidade do solo, os quais depois foram disponibilizados na estação chuvosa (primavera/verão), ocasionando o que é conhecido como “efeito de diluição”.

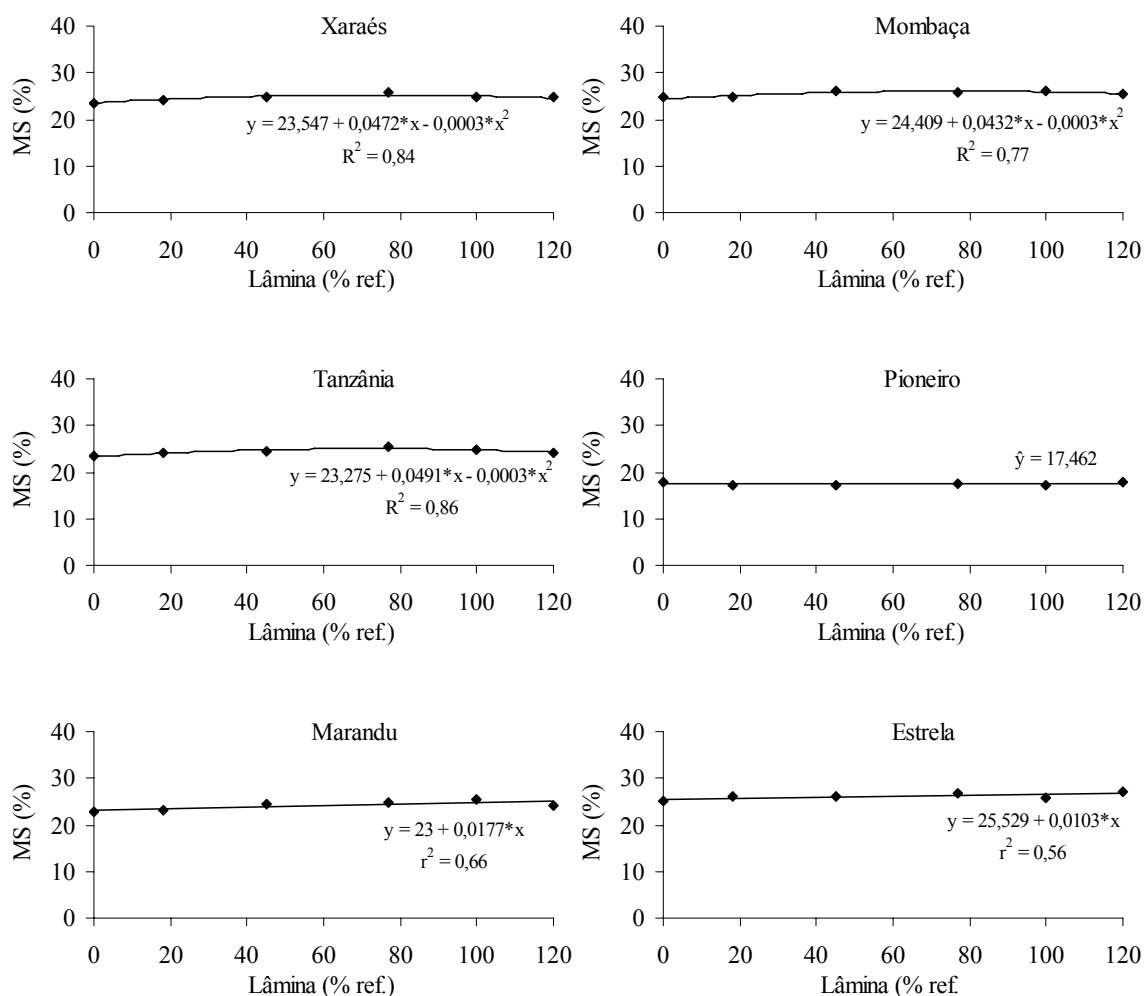
As lâminas de irrigação proporcionaram efeito ( $p < 0,05$ ) na PMS. Na Figura 31, em que são apresentadas as equações para estimativa da PMS para as gramíneas cultivadas na estação outono/inverno, observou-se que a lâmina de irrigação proporcionou efeito linear negativo ( $p < 0,05$ ) sobre todas as gramíneas estudadas, ou seja, quanto maior a umidade do solo, maior o teor de água na folha e, conseqüentemente, menor a PMS. A gramínea que apresentou maior sensibilidade à lâmina de irrigação foi Marandu (coeficiente de regressão (coef.) igual a -0,0456), seguida de Xaraés (coef.= -0,0381). Entretanto, a Estrela foi a gramínea que deu menor resposta às lâminas de irrigação aplicadas (coef.= -0,0168). Esse comportamento também foi observado por Cunha (2005), que, avaliando a influência de distintas lâminas de irrigação em capim-tanzânia sob condições de ambiente protegido, no Município de Viçosa, MG, verificou que, com a redução da lâmina de irrigação de 100 para 50% da disponibilidade total de água no solo, o teor de matéria seca aumentou passando de 14,9 para 17%. Em outras palavras, os tratamentos de maior nível de irrigação apresentaram maior teor de água nas células do capim, pois dispunham de maior quantidade de água a ser extraída do solo para o seu metabolismo. Segundo Silva e Queiroz (2002), a água contida na forrageira está, em sua maioria, na forma livre, sendo que as formas denominadas estrutural e de constituição apresentam-se com baixos teores, apesar da importância no aspecto físico-químico.



\*  $p < 0,05$  e \*\*  $p < 0,01$

Figura 31 – Estimativa da matéria seca (%) de seis gramíneas forrageiras, sob condições de pastejo, no período de outono/inverno, em função das lâminas de irrigação (% referência).

Na Figura 32, em que são apresentadas as equações para estimativa da porcentagem de MS para as gramíneas cultivadas na estação primavera/verão, observou-se que a lâmina de irrigação não proporcionou efeito ( $p > 0,05$ ) na PMS do capim-pioneiro. No entanto, verificou-se efeito quadrático ( $p < 0,05$ ) nas gramíneas Xaraés, Mombaça e Tanzânia, cujos valores máximos de PMS obtidos das respectivas equações foram, nas lâminas de irrigação, de 73% (410 mm), 77% (430 mm) e 72% da referência (403 mm), respectivamente.



\*  $p < 0,05$  e \*\*  $p < 0,01$

Figura 32 – Estimativa da matéria seca (%) de seis gramíneas forrageiras, sob condições de pastejo, no período de primavera/verão, em função das lâminas de irrigação (% referência).

Diferentemente do que aconteceu em todas as gramíneas na estação outono/inverno, as lâminas de irrigação proporcionaram efeito linear positivo ( $p < 0,05$ ) nas gramíneas Marandu e Estrela, ou seja, com o aumento da lâmina de irrigação houve aumento também da PMS. Dessa forma, o teor de água na folha é menor, o que beneficia a ensilagem desses capins, caso essa seja sua destinação. Rodrigues et al. (2006), avaliando o capim-mombaça, encontraram comportamento diferente, em que o aumento da lâmina de irrigação proporcionou redução na PMS. Esse resultado pode, provavelmente, ser

devido à baixa precipitação pluvial ocorrida no período experimental em Parnaíba, PI, onde foi realizado o trabalho.

Gargantini (2005), trabalhando com capim-mombaça no Município de Iacri, SP, com intervalos entre cortes variando de 32 a 35 dias no período das águas (outubro a maio) e 45 a 46 dias no período da seca (junho a setembro) e adubação nitrogenada variando de 0 a 100 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, verificou que a maior variação nos teores de MS dos tratamentos irrigados, em relação ao sequeiro, ocorreram nas épocas mais frias. Nesse caso, ocorreram reduções médias de 10,2; 11,9; e 5,2% nos teores de MS para as reposições de 50, 100 e 150% da ETo, respectivamente, em relação aos tratamentos de sequeiro. Nas demais épocas houve pequena redução (3,9 e 2,8%) nos teores de MS para as reposições de 50 e 100% da ETo e aumento de 3,3% para a reposição de 150% da ETo, em relação aos tratamentos de sequeiro. Esse mesmo autor relatou a necessidade de estudos com doses mais elevadas de nitrogênio do que as testadas no seu trabalho, a fim de identificar uma possível ocorrência de maiores respostas.

#### **4.4.3. Produtividade de matéria verde**

Na Tabela 9, observa-se que o capim-pioneiro, independentemente da lâmina de irrigação e estação do ano, foi a gramínea que apresentou maior ( $p<0,05$ ) produtividade de matéria verde (MV) passível de ser consumida. Esse resultado é explicado com o auxílio da Tabela 8, em que essa mesma gramínea apresentou menor ( $p<0,05$ ) PMS, ou seja, exibiu também maior teor de água na folha. Dessa forma, a maior quantidade de água na folha influenciou o aumento da matéria verde, haja vista que essa característica é a soma da matéria seca e da água. Santos et al. (2003), trabalhando com diversas forrageiras irrigadas no Município de Recife, PE, também encontraram maiores produtividades de MV do capim-pioneiro, seguido dos capins Mott, Mombaça, Marandu e Tanzânia, que não diferiram entre si.

Tabela 9 – Valores médios de produtividade de matéria verde passível de ser consumida ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) sob condições de pastejo, nas respectivas combinações de lâminas de irrigação, gramíneas e estações do ano

Gramínea	0% (0 mm)		18% (101 mm)		45% (252 mm)	
	Out./Inv.	Pri./Ver.	Out./Inv.	Pri./Ver.	Out./Inv.	Pri./Ver.
Xaraés	14.720 Ab	35.350ABa	18.320ABb	33.910ABa	26.755ABb	33.435ABa
Mombaça	13.430 Ab	30.075BCa	16.615ABb	27.740 Ba	18.335 Bb	30.625 Ba
Tanzânia	14.510 Ab	29.605BCa	15.680 Bb	28.080 Ba	20.210ABb	29.315 Ba
Pioneiro	21.400 Ab	44.155 Aa	25.850 Ab	40.670 Aa	29.655 Ab	41.245 Aa
Marandu	14.370 Ab	33.155 Ba	14.365 Bb	30.035 Ba	17.975 Bb	24.755 Ba
Estrela	15.140 Ab	23.045 Ca	14.900 Bb	30.855ABa	20.990ABb	28.975 Ba

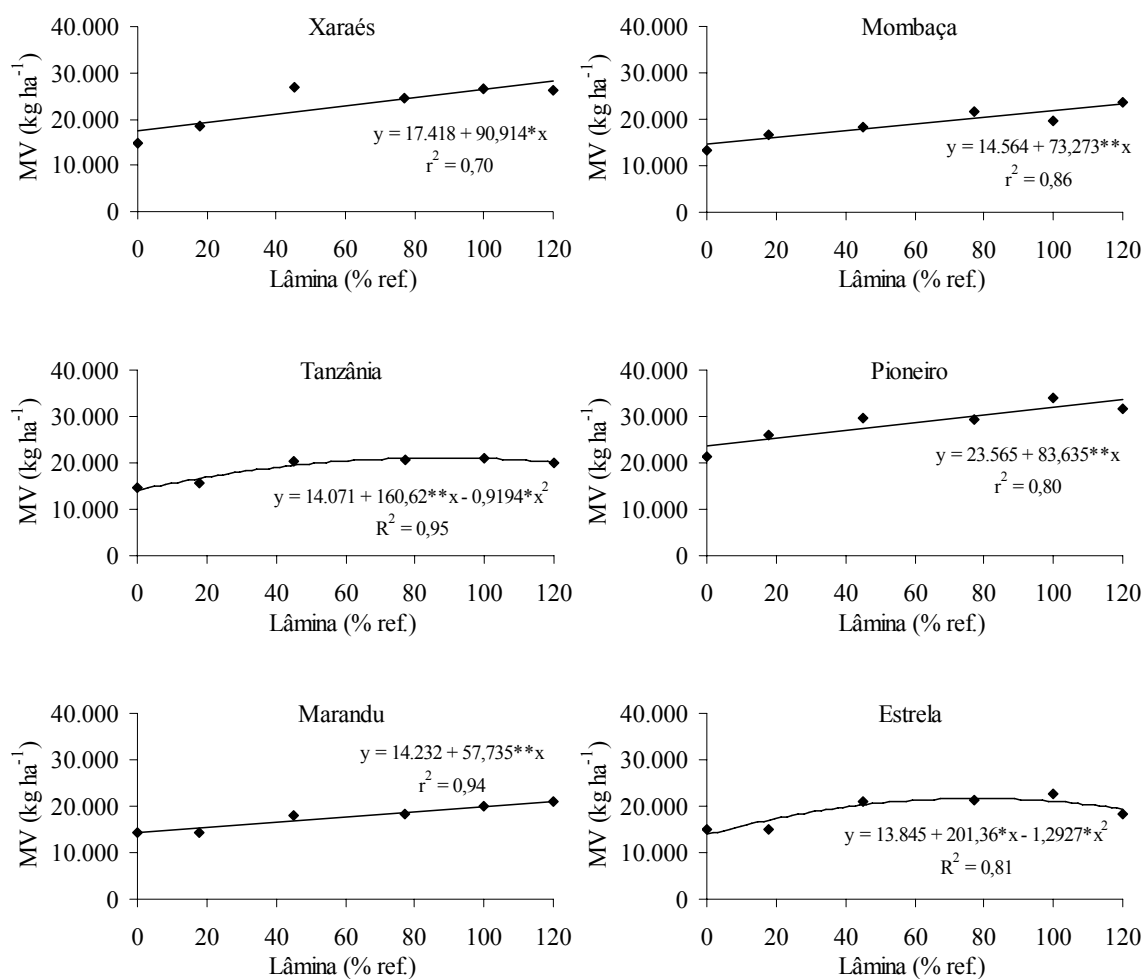
  

Gramínea	77% (431 mm)		100% (560 mm)		120% (672 mm)	
	Out./Inv.	Pri./Ver.	Out./Inv.	Pri./Ver.	Out./Inv.	Pri./Ver.
Xaraés	24.530ABb	34.010ABa	26.525ABa	30.440ABa	26.385ABb	34.415 Aa
Mombaça	21.810ABa	25.920 Ba	19.745 Ba	24.860ABa	23.830ABa	26.005 Aa
Tanzânia	20.760ABb	27.350 Ba	20.915 Ba	22.670 Ba	20.130 Bb	26.135 Aa
Pioneiro	29.255 Ab	38.355 Aa	33.835 Aa	34.475 Aa	31.505 Aa	34.190 Aa
Marandu	18.420 Bb	28.915ABa	20.055 Ba	22.610 Ba	20.990 Ba	24.785 Aa
Estrela	21.225ABb	28.170 Ba	22.605 Bb	30.100ABa	18.455 Bb	25.990 Aa

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na linha, em cada lâmina de irrigação, e seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Verifica-se também, na Tabela 9, que nas menores lâminas de irrigação os valores de produtividade de MV foram menores ( $p < 0,05$ ) na estação outono/inverno. A partir da lâmina de irrigação de 100% da referência (560 mm), a estação influenciou ( $p < 0,05$ ) apenas a Estrela, cuja gramínea apresentou maior ( $p < 0,05$ ) PMS (Tabela 8).

As lâminas de irrigação proporcionaram efeito ( $p < 0,05$ ) na produtividade de MV. Na Figura 33, em que são apresentadas as equações para estimativa da produtividade de MV para as gramíneas cultivadas na estação outono/inverno, observa-se que as lâminas de irrigação proporcionaram efeito linear positivo ( $p < 0,05$ ), com exceção das gramíneas Tanzânia e Estrela, que tiveram comportamento quadrático ( $p < 0,05$ ), cujos valores máximos de produtividade MV obtidos das respectivas equações foram, para as lâminas de irrigação, de 87% (489 mm) e 78% da referência (437 mm), respectivamente. Os coeficientes de regressão apresentados para a



\*  $p < 0,05$  e \*\*  $p < 0,01$

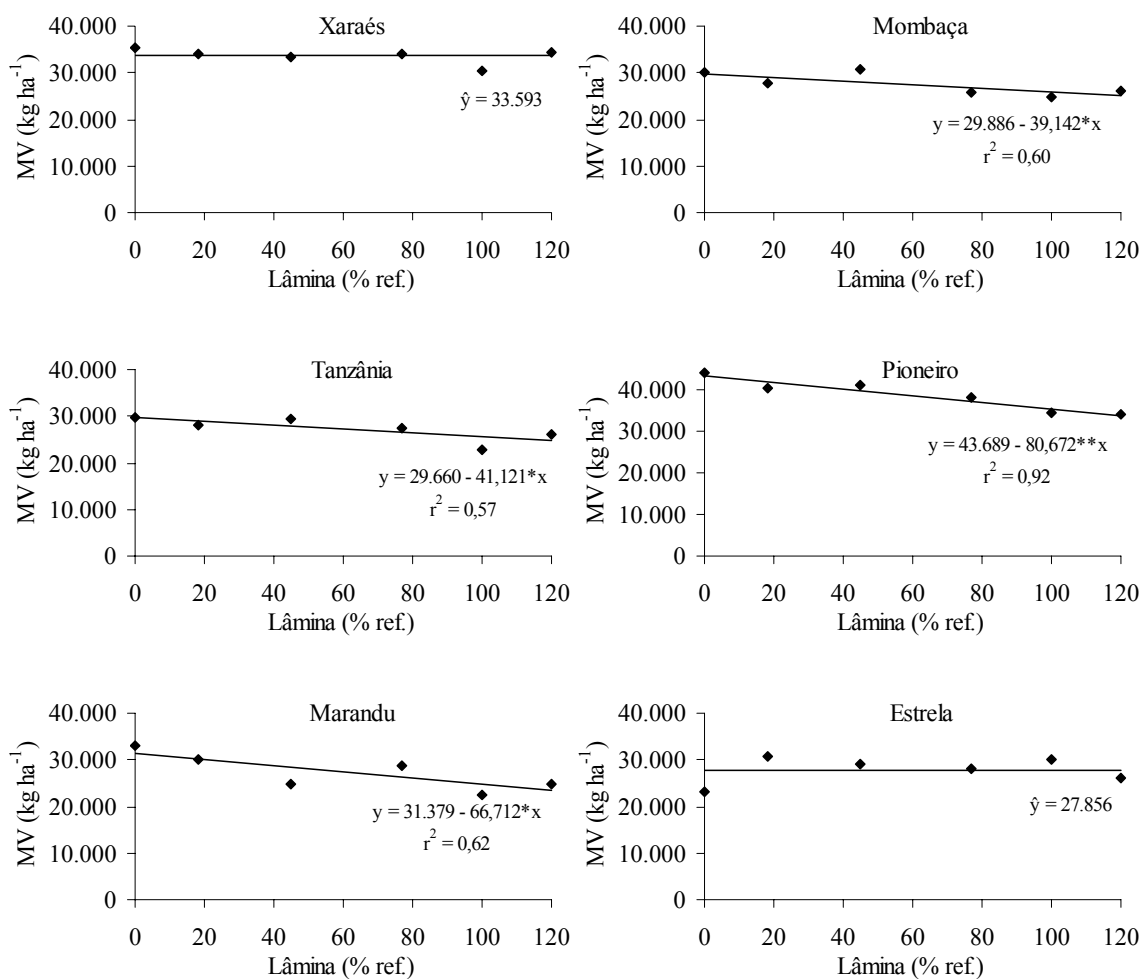
Figura 33 – Estimativa da produtividade de matéria verde passível de ser consumida (kg ha<sup>-1</sup>) de seis gramíneas forrageiras, sob condições de pastejo, no período de outono/inverno, em função das lâminas de irrigação (% referência).

produtividade de MV para os capins Mombaça, Pioneiro e Marandu foram de 73,27; 83,64; e 57,74, respectivamente. Para produtividade de MS no mesmo período outono/inverno (Figura 29), os coeficientes de regressão para esses mesmos capins foram de 16,37; 8,47; e 8,85, respectivamente. Nota-se, nessa figura, que os coeficientes de regressão apresentados para produtividade de MV foram maiores que os da produtividade de MS, ou seja, a produtividade de MV teve maior sensibilidade às lâminas de irrigação do que a MS. Esse resultado foi devido ao comportamento negativo da porcentagem de matéria

seca em resposta às lâminas de irrigação (Figura 31), ou seja, o aumento da lâmina de irrigação proporcionou aumento de água nas células dos capins. Isso, somado à resposta linear positiva da produtividade de MS em decorrência do aumento da lâmina de irrigação e sendo a MV a soma da MS e do teor de água na planta, era esperado o fato de a sensibilidade da produtividade da MV à lâmina de irrigação ser maior em relação à produtividade da MS.

Na Figura 34, em que são apresentadas as equações para estimativa da produtividade de MV para as gramíneas cultivadas na estação primavera/verão, observou-se que a lâmina de irrigação não proporcionou efeito ( $p>0,05$ ) na produtividade de MV dos capins Xaraés e Estrela. Já nas demais gramíneas as lâminas de irrigação proporcionaram efeito linear negativo ( $p<0,05$ ). Os resultados deste trabalho destoam de alguns encontrados na literatura. Ribeiro et al. (2005), avaliando o capim-tanzânia no Vale do Curu, CE, no período de setembro de 2004 a fevereiro de 2005, observaram aumento da produtividade de MV com o incremento da lâmina de irrigação, independentemente da parcela, que foram constituídas de doses de nitrogênio de 0, 300, 600 e 1.200 kg ha<sup>-1</sup>. Dantas Neto et al. (1996), avaliando o capim-buffel no Município de Sumé, PB, encontraram efeito positivo da produtividade de MV em resposta ao aumento da lâmina de irrigação. Esse resultado pode ser justificado pela precipitação pluvial, que foi de 18 mm, enquanto nesta pesquisa foi de 960 mm.

Observando as Figuras 33 e 34, verificou-se, em geral, que as lâminas de irrigação proporcionaram aumento na produtividade de MV na estação outono/inverno e decréscimo na estação primavera/verão. Como descrito, a produtividade da MV é o somatório da produtividade de MS e do teor de água na planta. Verificando as equações ajustadas para produtividade de MS (Figura 29) e PMS (Figura 31) na estação outono/inverno, observou-se, em geral, aumento de MS e do teor de água na planta com o aumento da lâmina de irrigação, justificando o aumento de MV. Da mesma forma, verificando as



\*  $p < 0,05$  e \*\*  $p < 0,01$

Figura 34 – Estimativa da produtividade de matéria verde passível de ser consumida (kg ha<sup>-1</sup>) de seis gramíneas forrageiras, sob condições de pastejo, no período de primavera/verão, em função das lâminas de irrigação (% referência).

equações ajustadas para produtividade de MS (Figura 30) e PMS (Figura 32) na estação primavera/verão, verificou-se, em geral, queda na produtividade de MS e do teor de água na planta com o aumento da lâmina de irrigação, justificando o decréscimo na produtividade de MV.

#### 4.4.4. Cobertura do solo

Na Tabela 10, observa-se que Estrela, independentemente da estação ou lâmina de irrigação, foi a gramínea que proporcionou maior ( $p < 0,05$ ) cobertura ao solo, seguida das gramíneas Marandu e Xaraés, que não diferiram ( $p > 0,05$ ) entre si. Na estação outono/inverno e nas menores lâminas de irrigação, 0% (0 mm) e 18% da referência (101 mm), verificou-se que o Pioneiro não diferiu ( $p > 0,05$ ) das gramíneas Marandu e Xaraés e, independentemente da estação ou lâmina de irrigação, não diferiu ( $p > 0,05$ ) da Mombaça. Em geral, Tanzânia foi a gramínea que proporcionou menor cobertura ao solo ( $p < 0,05$ ), o que corrobora os relatos de Penati (2002) sobre esse capim. Diante disso, exceto para o capim-tanzânia, os demais valores obtidos de cobertura do solo neste experimento podem ser considerados satisfatórios.

Tabela 10 – Valores médios de cobertura do solo (%), sob condições de pastejo, nas respectivas combinações de lâminas de irrigação, gramíneas e estações do ano

Gramínea	0% (0 mm)		18% (101 mm)		45% (252 mm)	
	Out./Inv.	Pri./Ver.	Out./Inv.	Pri./Ver.	Out./Inv.	Pri./Ver.
Xaraés	40,63 BCa	39,58 BCa	44,58 BCa	45,42 BCa	49,79 BCa	48,54 Ba
Mombaça	34,17 Ca	34,38 Ca	37,71 Ca	34,79 CDa	42,50 CDa	36,88 Cb
Tanzânia	25,42 Da	26,67 Da	29,17 Da	28,54 Da	35,95 Da	35,63 Ca
Pioneiro	36,46 BCa	35,00 Ca	38,13 BCa	36,88 Ca	38,13 Da	37,50 Ca
Marandu	41,67 Ba	44,17 Ba	45,21 Ba	47,08 Ba	50,83 Ba	50,00 Ba
Estrela	69,79 Aa	68,96 Aa	75,79 Aa	72,08 Aa	78,75 Aa	75,00 Aa

Gramínea	77% (431 mm)		100% (560 mm)		120% (672 mm)	
	Out./Inv.	Pri./Ver.	Out./Inv.	Pri./Ver.	Out./Inv.	Pri./Ver.
Xaraés	52,71 Ba	50,21 Ba	55,21 Ba	52,08 Ba	55,63 Ba	55,83 Ba
Mombaça	44,38 CDa	40,42 Cb	45,63 CDa	39,58 Cb	47,71 CDa	41,04 Cb
Tanzânia	39,17 Da	36,67 Ca	41,88 Da	31,88 Db	32,08 Ea	28,96 Da
Pioneiro	39,17 Da	41,67 Ca	43,13 Da	42,71 Ca	45,42 Da	41,46 Cb
Marandu	51,67 BCa	51,67 Ba	52,08 BCa	52,08 Ba	53,96 BCa	53,33 Ba
Estrela	80,63 Aa	75,83 Ab	81,88 Aa	77,71 Ab	81,46 Aa	77,92 Ab

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na linha, em cada lâmina de irrigação, e seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Botrel et al. (1987), avaliando 25 gramíneas sob pastejo, verificaram que as espécies cespitosas apresentaram, em média, 42% de cobertura, enquanto as de hábito de crescimento decumbente, 90% de cobertura do solo. Diante disso, é esclarecido por que a Estrela apresentou maior cobertura do solo em relação aos demais capins estudados. Já as espécies cespitosas apresentaram baixa cobertura do solo. Em razão disso, Xavier et al. (2001) alertaram que essas forrageiras não devem ser estabelecidas em áreas com riscos de erosão. Uma vantagem que a boa cobertura do solo apresenta é a inibição de plantas daninhas em áreas cultivadas com pastagem.

Tanzânia e Mombaça foram lançadas nos anos de 1990, e desde essa época pesquisadores já relatavam sobre possíveis cuidados que deveriam ser tomados em relação à degradação do solo quanto ao uso dessas gramíneas mal manejadas. Porém, a gramínea Mombaça não apresentou problema neste estudo. No entanto, Lempp et al. (2001), avaliando as gramíneas Mombaça e Tanzânia sob pastejo, em sete locais diferentes (Rio Branco, AC, Paragominas, PA, Planaltina, DF, Rio Brillhante, MS, Itapetinga, BA, Governador Valadares, MG, Paranavaí, PR), observaram que esses capins apresentaram excelentes valores de cobertura de solo, sendo de 76% e 86%, respectivamente. Veiga et al. (1997), trabalhando em quatro propriedades no Município de Uruará, PA, também encontraram valores excelentes de cobertura do solo para os capins da espécie *Panicum maximum*, porém esses valores foram inferiores aos apresentados pelos capins da espécie *Brachiaria brizantha*. Botrel et al. (2002) também verificaram o mesmo no Município de Santo Antônio do Pinhal, SP.

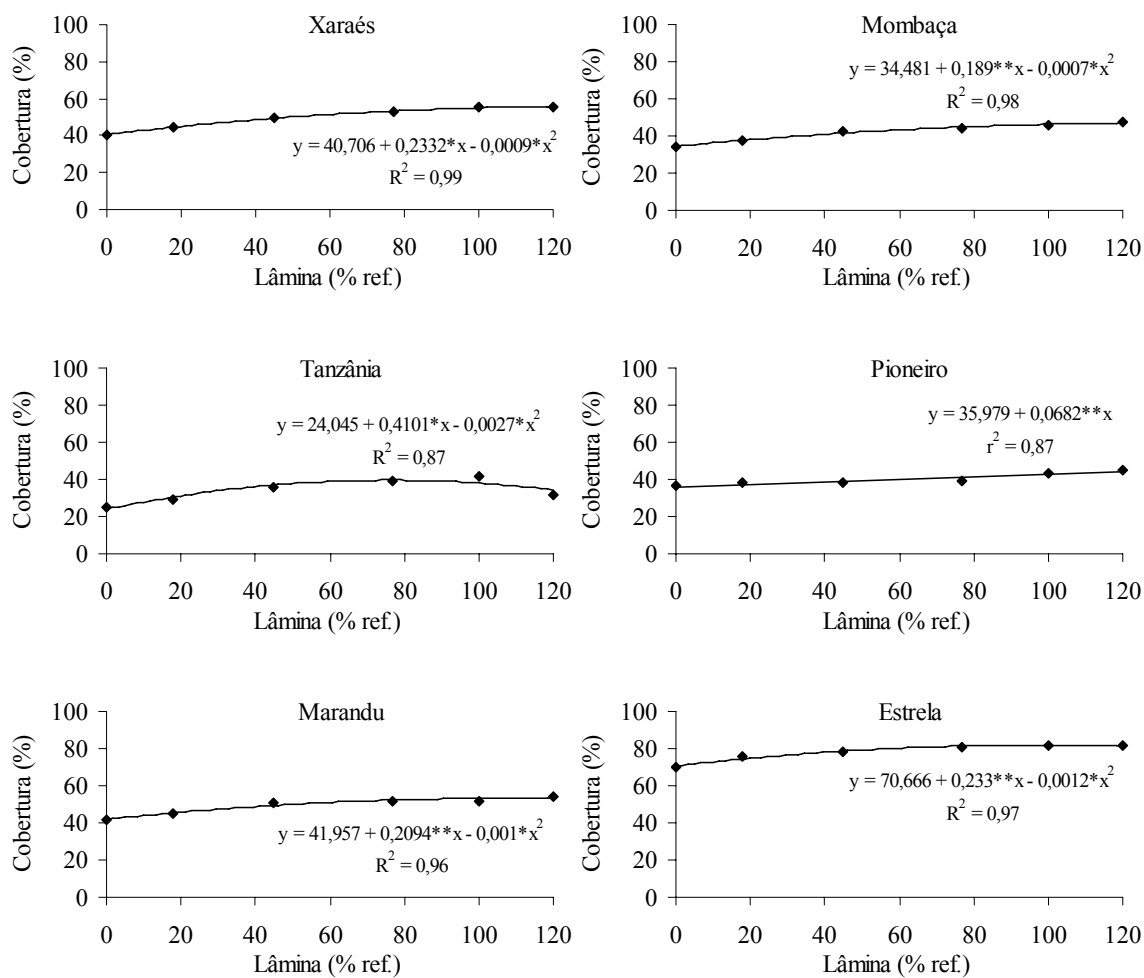
Observa-se, na Tabela 10, que o capim-xaraés apresentou boa cobertura do solo. Valle et al. (2000) relataram que esse capim possui essa característica devido ao bom perfilhamento e por possuir plasticidade fenotípica. Já o capim-pioneiro teve boa cobertura do solo, devido ao fato de o seu crescimento ser vigoroso e possuir rápida expansão das touceiras, como relatado por Valle et al. (2007). O capim-marandu também apresentou boa cobertura do solo, porém Botrel et al. (1999) observaram valor de 84%, em trabalho realizado no Município de Cambuquira, MG. Acredita-se que essa superioridade foi devida ao fato de o sistema ser manejado por corte e também pelo maior período de crescimento, que foi de 60 dias, bem superior aos 30 dias utilizados neste

trabalho. Já Bittencourt e Veiga (2001), avaliando esse mesmo capim no Município de Uruará, PA, em sistema de pastejo, encontraram valores de cobertura do solo variando entre 40 e 70%, sendo próximos aos obtidos neste trabalho.

Quanto ao efeito proporcionado pela estação na cobertura do solo pelas forrageiras, verifica-se, na Tabela 10, que Tanzânia, na lâmina de irrigação de 100% (560 mm), e Pioneiro, em 120% da referência (672 mm), proporcionaram maior ( $p < 0,05$ ) cobertura do solo na estação outono/inverno. Nas gramíneas Mombaça e Estrela, verificou-se maior ( $p < 0,05$ ) cobertura do solo na estação outono/inverno a partir da lâmina de irrigação de 45% (252 mm) e 77% da referência (431 mm), respectivamente. Nas gramíneas Xaraés e Marandu, não foi verificado tal efeito ( $p > 0,05$ ). Contrariando os resultados apresentados na Tabela 10, Bittencourt e Veiga (2001), avaliando o capim-marandu em quatro propriedades no Município de Uruará, PA, em sistema de pastejo, encontraram valores de cobertura do solo maior no período chuvoso em relação ao período seco, em todas as propriedades avaliadas.

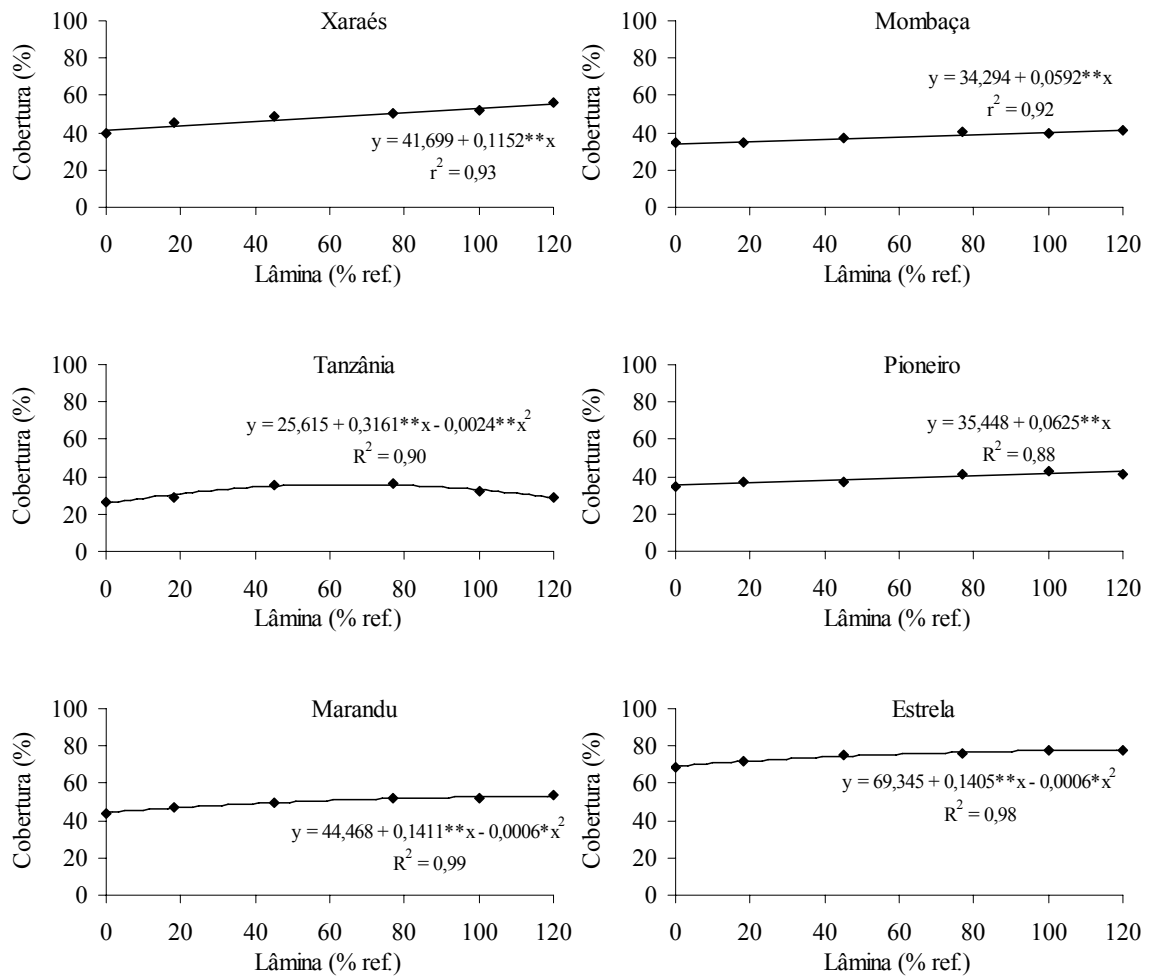
As lâminas de água proporcionaram efeito ( $p < 0,05$ ) na cobertura do solo. Na Figura 35, em que são apresentadas as equações para estimativa da cobertura do solo (%) para as gramíneas cultivadas na estação outono/inverno, observou-se que a lâmina de irrigação proporcionou efeito quadrático exceto na gramínea Pioneiro, em que o efeito foi linear e positivo ( $p < 0,05$ ), ou seja, o aumento da lâmina de irrigação proporcionou aumento na cobertura do solo. Nos demais capins, observou-se efeito quadrático. Nos capins Tanzânia, Marandu e Estrela, os valores máximos de cobertura do solo obtidos das respectivas equações foram, nas lâminas de irrigação, de 76% (426 mm), 108% (605 mm) e 96% da referência (534 mm), respectivamente. Já nos capins Xaraés e Mombaça ficaram fora do intervalo estudado.

Na Figura 36, em que são apresentadas as equações para estimativa da cobertura do solo (%) para as gramíneas cultivadas na estação primavera/verão, observa-se que nas gramíneas Tanzânia, Marandu e Estrela a lâmina de irrigação proporcionou efeito quadrático, cujos máximos estimados obtidos das respectivas equações foram de 65% (364 mm), 120% (672 mm) e 119% da referência (666 mm), respectivamente. Nas demais gramíneas, o efeito da lâmina de irrigação foi linear positivo ( $p < 0,05$ ).



\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ .

Figura 35 – Estimativa da cobertura do solo (%) de seis gramíneas forrageiras, no período de outono/inverno, em função das lâminas de irrigação (% referência).



\*  $p < 0,05$  e \*\*  $p < 0,01$

Figura 36 – Estimativa da cobertura do solo (%) de seis gramíneas forrageiras, no período de primavera/verão, em função das lâminas de irrigação (% referência).

Independentemente da estação, Tanzânia foi a única gramínea que apresentou expressiva queda na cobertura do solo com as maiores lâminas de irrigação. A lâmina de irrigação de 120% da referência (672 mm) proporcionou a mesma cobertura do solo, em comparação com o tratamento que não recebeu água. Trabalhos conduzidos por Lopes et al. (2005) com o capim-elefante no Município de Viçosa, MG, evidenciaram que a irrigação interferiu positivamente na cobertura do solo. Esses autores verificaram que,

quanto maior a adubação nitrogenada, maior a diferença da cobertura do solo entre o sistema irrigado e o de sequeiro.

#### 4.4.5. Altura de planta

Na Tabela 11, observa-se, em geral, que, independentemente da estação ou lâmina de irrigação, o capim-pioneiro, seguido do capim-xaraés, foi a gramínea que apresentou maior ( $p<0,05$ ) altura de planta. No entanto, o capim-marandu se destacou por apresentar menor ( $p<0,05$ ) altura de planta, dentre as gramíneas estudadas.

Tabela 11 – Valores médios de altura de planta (cm) sob condições de pastejo das respectivas combinações de lâminas de irrigação, gramíneas e estações do ano

Gramínea	0% (0 mm)		18% (101 mm)		45% (252 mm)	
	Out./Inv.	Pri./Ver.	Out./Inv.	Pri./Ver.	Out./Inv.	Pri./Ver.
Xaraés	47,38 Bb	66,35 Ba	47,69 Bb	66,51 Ba	49,79 Bb	71,75 Ba
Mombaça	39,05 BCb	64,24 BCa	39,64 BCb	63,51 Ba	42,14 BCb	61,94 BCa
Tanzânia	37,83 BCb	60,38 BCa	38,51 BCb	58,30 BCa	38,66 BCb	50,54 Ca
Pioneiro	86,34 Ab	128,37 Aa	87,69 Ab	123,73 Aa	87,74 Ab	118,80 Aa
Marandu	30,87 Cb	48,85 Da	31,83 Cb	45,21 Ca	31,94 Cb	47,37 Ca
Estrela	36,68 BCb	50,73 CDa	39,88 BCb	51,72 BCa	41,28 BCb	51,65 Ca

Gramínea	77% (431 mm)		100% (560 mm)		120% (672 mm)	
	Out./Inv.	Pri./Ver.	Out./Inv.	Pri./Ver.	Out./Inv.	Pri./Ver.
Xaraés	50,00 Bb	61,68 Ba	51,30 Bb	59,24 Ba	48,70 Bb	56,79 Ba
Mombaça	43,47 BCb	56,58 Ba	43,68 BCb	56,06 Ba	45,12 BCb	58,37 Ba
Tanzânia	42,86 BCb	53,80 BCa	40,42 BCb	48,78 BCa	41,19 BCb	52,03 BCa
Pioneiro	88,19 Ab	121,28 Aa	86,91 Ab	121,88 Aa	91,16 Ab	120,38 Aa
Marandu	30,27 Cb	40,59 Ca	30,23 Ca	35,49 Ca	33,47 Ca	37,43 Ca
Estrela	42,08 BCb	53,51 BCa	41,91 BCb	52,38 Ba	39,48 BCb	49,20 BCa

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na linha, em cada lâmina de irrigação, e seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).

Verifica-se também, na Tabela 11, que nas maiores lâminas de irrigação, 100% (560 mm) e 120% da referência (672 mm), o capim-marandu não apresentou ( $p>0,05$ ) diferença de altura de plantas nas estações outono/inverno e primavera/verão. Nos demais tratamentos, ou seja, nas demais lâminas de irrigação e nas demais gramíneas, observou-se que a altura de planta na estação primavera/verão foi maior ( $p<0,05$ ) em relação à estação outono/inverno. Esse resultado é devido às maiores temperaturas ocasionadas na estação primavera/verão (Figura 25), o que proporcionou maior crescimento e desenvolvimento da planta, como relatado também com relação a outras características estudadas. Aguiar et al. (2005) verificaram comportamento semelhante do capim-tifton 85 irrigado no Município de Uberaba, MG. As alturas de planta na estação primavera (38,8 cm) e verão (46,7 cm) foram maiores que nas estações outono (36,8 cm) e inverno (32,5 cm).

Santos et al. (2003) ressaltaram em seu trabalho realizado no Município de Recife, PE, que, excetuando-se a *Brachiaria brizantha*, os cultivares que apresentaram maiores alturas apresentaram também maiores produtividades de MS. Esses autores embasaram sua justificativa nos resultados encontrados por Canto et al. (2001) e Mello et al. (2002). Neste trabalho, dentre as gramíneas estudadas obteve-se, em ordem decrescente de produtividade de MS, e considerando os valores médios dentro das distintas lâminas de irrigação e estações do ano, o seguinte resultado: Xaraés, Estrela, Pioneiro, Mombaça, Marandu e Tanzânia. Em relação à altura, em ordem decrescente, tem-se a seguinte distribuição: Pioneiro, Xaraés, Mombaça, Tanzânia, Estrela e Marandu, verificando-se, assim, seqüências diferentes. A Estrela, por exemplo, foi a segunda maior variedade em produtividade de MS, porém a penúltima na altura. Apoiado na literatura e nos dados deste trabalho, não se deve relacionar a produtividade de MS apenas com a altura da planta de diferentes gramíneas, pois diversos capins possuem várias características que, somadas, podem responder com diferentes produtividades. É bom salientar que, dentro de uma única gramínea, sua altura por si só pode responder pela produtividade. Assim fizeram Canto et al. (2001), que observaram, em capim-

tanzânia, aumentos lineares nos valores de massa de forragem em função da altura do dossel. Mello et al. (2002) verificaram também, em capim-elefante, relações positivas entre altura de plantas e produção de matéria seca e de lâminas foliares por área, indicando que, para essa gramínea, plantas mais altas e produtivas tendem a apresentar maior produção de folhas.

Outra forma para estimar a produtividade de matéria seca é correlacionar a altura de planta com a cobertura do solo. Existem inúmeros trabalhos na literatura que utilizam essa metodologia (TEIXEIRA et al., 2003; CÓSER et al., 2002; CÓSER e TEIXEIRA, 2000; LOPES et al., 2000; CÓSER et al., 1996). Na grande maioria desses trabalhos, os autores buscaram comparar a produtividade de matéria seca com a altura de planta somente, com a cobertura do solo apenas e com a altura de planta e a cobertura do solo conjuntamente. A estimativa da produtividade utilizando a altura e cobertura conjuntamente sempre é mais precisa em relação ao uso de um fator isoladamente. Diante disso, com os dados da altura de planta e da cobertura do solo, buscou-se ajustar equações para estimar a produtividade de matéria seca para os diversos capins avaliados nesta pesquisa. Como visto nos trabalhos citados anteriormente, na Tabela 12 verifica-se que a produtividade de matéria seca é mais bem explicada com a utilização dos dois fatores, altura de planta e cobertura do solo (Tipo I) juntos. Isso é evidente quando se comparam os coeficientes de determinação ( $r^2$ ) das distintas equações de regressão, tipos I, II e III.

Na Figura 37 são apresentadas as equações para estimativa da altura de planta nas gramíneas cultivadas na estação outono/inverno. Analisando essa figura, observa-se que a lâmina de irrigação não proporcionou efeito ( $p>0,05$ ) na altura de planta nas gramíneas Xaraés, Pioneiro, Marandu e Estrela. Nas demais gramíneas, observou-se efeito linear positivo ( $p<0,05$ ), porém esse efeito não foi expressivo, haja vista os coeficientes de regressão, 0,0500 e 0,0316, para as gramíneas Mombaça e Tanzânia, respectivamente.

Tabela 12 – Regressões e coeficientes de determinação ( $r^2$ ) da produtividade de matéria seca (P, em t ha<sup>-1</sup>), em função da cobertura do solo (C, em %) *versus* altura da planta (A, em cm) (Tipo I), em função somente da cobertura do solo (Tipo II) e somente da altura da planta (Tipo III), em diferentes forrageiras

Gramínea	Tipo	Equação	$r^2$
Xaraés	I	$P = - 0,1467 C^* - 0,1157 A^* + 39,0714$	0,55
	II	----- ns -----	--
	III	$P = - 0,0943 A^* + 30,6452$	0,27
Mombaça	I	$P = - 0,1648 C^{**} - 0,0572 A^* + 34,9967$	0,51
	II	$P = - 0,1111 C^* + 29,9253$	0,25
	III	----- ns -----	--
Tanzânia	I	$P = - 0,0410 C^* - 0,0785 A^* + 29,8065$	0,57
	II	----- ns -----	--
	III	$P = - 0,0714 A^* + 28,1301$	0,32
Pioneiro	I	----- ns -----	--
	II	$P = - 0,1396 C^* + 23,2229$	0,25
	III	----- ns -----	--
Marandu	I	$P = - 0,2957 C^{**} - 0,2373 A^{**} + 48,7167$	0,75
	II	----- ns -----	--
	III	$P = - 0,2053 A^{**} + 32,9034$	0,45
Estrela	I	----- ns -----	--
	II	----- ns -----	--
	III	$P = - 0,2127 A^{**} + 37,1144$	0,80

<sup>NS</sup>  $p > 0,05$ , \*  $p < 0,05$  e \*\*  $p < 0,01$ .

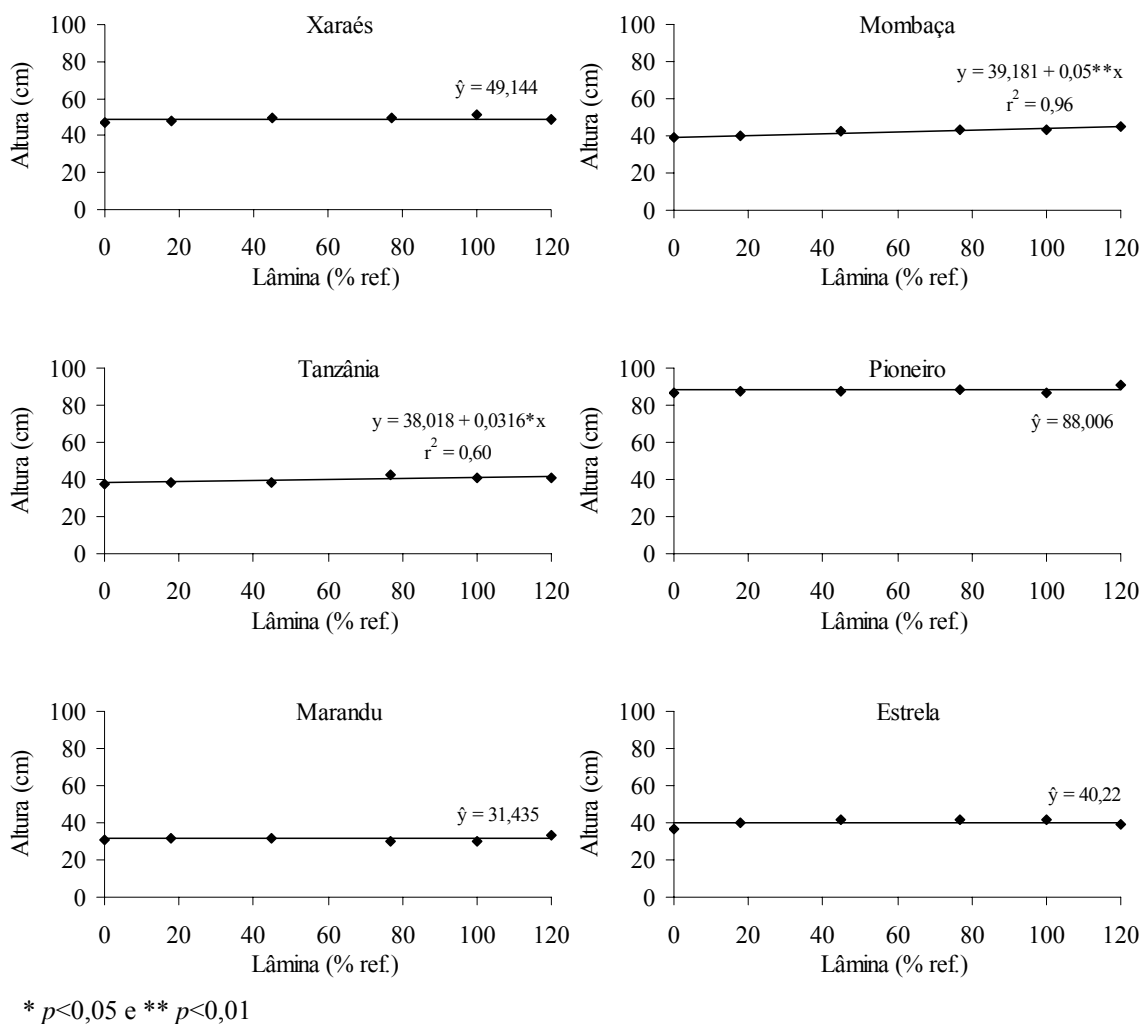
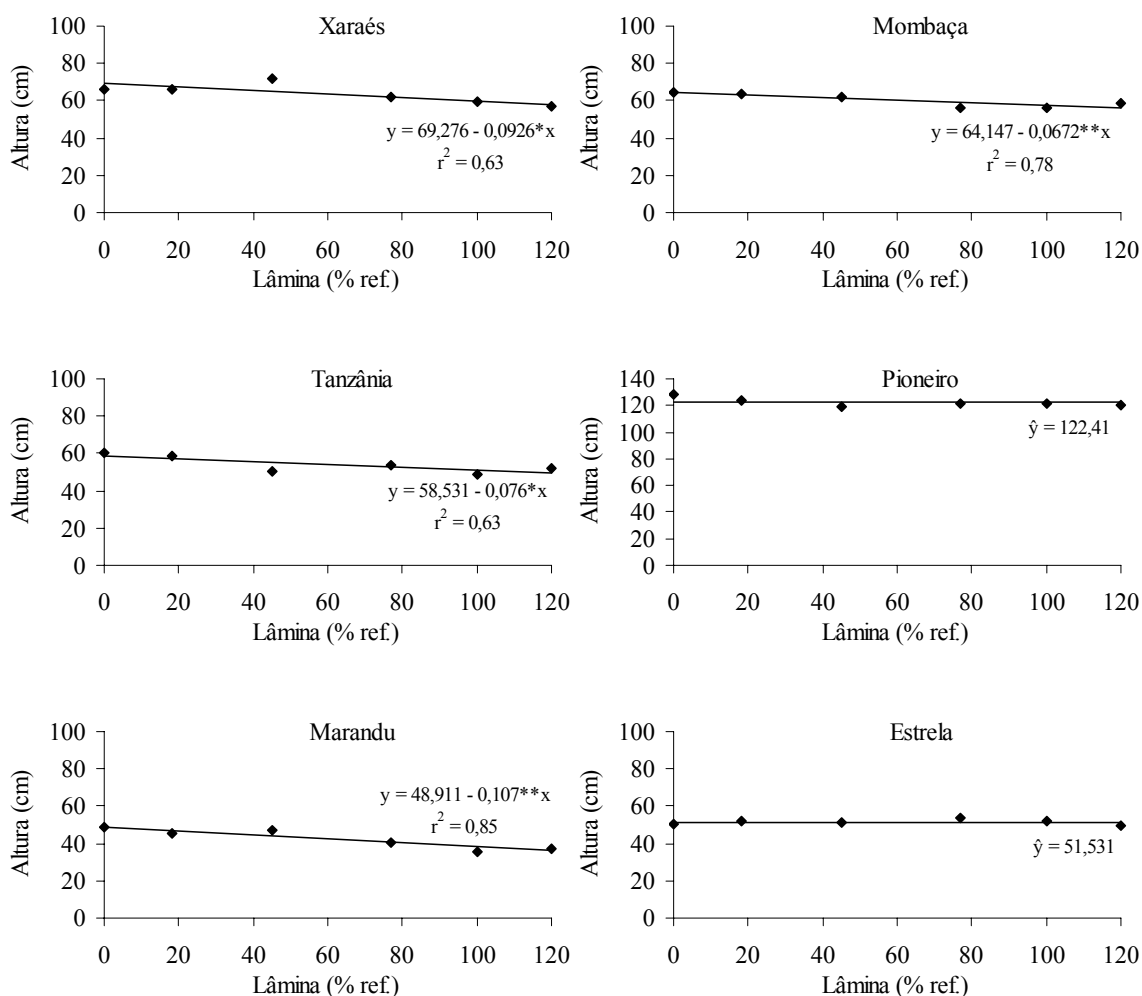


Figura 37 – Estimativa da altura de planta (cm) de seis gramíneas forrageiras, sob condições de pastejo, no período de outono/inverno, em função das lâminas de irrigação (% referência).

Na Figura 38 são apresentadas as equações para estimativa da altura de planta para as gramíneas cultivadas na estação primavera/verão. Analisando essa figura, observa-se que nos capins Pioneiro e Estrela a lâmina de irrigação não proporcionou efeito ( $p > 0,05$ ) na altura de planta. Nas demais gramíneas, verificou-se efeito linear negativo ( $p < 0,05$ ). O comportamento do capim-mombaça foi diferente do observado na literatura. Rodrigues et al. (2006) avaliaram o capim-mombaça no Município de Parnaíba, PI, e notaram incremento na altura de planta com o aumento da lâmina de irrigação.



\*  $p < 0,05$  e \*\*  $p < 0,01$

Figura 38 – Estimativa da altura de planta (cm) de seis gramíneas forrageiras, sob condições de pastejo, no período de primavera/verão, em função das lâminas de irrigação (% referência).

Aguiar et al. (2002a), avaliando o mesmo capim no Município de Uberaba, MG, observaram que na estação primavera a altura de planta foi de 60,7 e 79,8 cm e na estação verão, de 119,8 e 128,0 cm, nos sistemas sequeiro e irrigado, respectivamente. Na mesma região, mas estudando o capim-tanzânia, Aguiar et al. (2002b) obtiveram valores favoráveis às áreas irrigadas apenas na estação primavera; a altura de planta do capim-tanzânia foi de 64,8 e 75,3 cm nos sistemas sequeiro e irrigado, respectivamente. Devido às chuvas abundantes na estação de verão, as alturas de planta dos tratamentos sequeiro

atingiram valores mais elevados que o irrigado, de 123,0 e 92,3 cm, respectivamente. Observou-se também que as alturas de planta dos capins Mombaça (AGUIAR et al., 2002a) e Tanzânia (AGUIAR et al., 2002b) foram bem superiores às encontradas neste trabalho em razão, possivelmente, do fato de a qualidade física do solo e da adubação nitrogenada aplicada pelos pesquisadores de Uberaba ser de 450 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, dose 50% superior à de 300 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, estudada nesta pesquisa.

De maneira semelhante para a produtividade de MV, observando as Figuras 37 e 38, verifica-se, nas gramíneas Mombaça e Tanzânia, que a lâmina de irrigação proporcionou aumento na altura de planta na estação outono/inverno. Porém, na estação primavera/verão observou-se que o aumento da lâmina de irrigação proporcionou decréscimo na altura da planta de alguns capins. É provável que esse efeito se deve ao acúmulo de nutrientes, principalmente nitrogênio, na estação seca (outono/inverno). Esse acúmulo de nutrientes foi maior quanto menor foi a lâmina de água aplicada. Dessa forma, quando chegou o período chuvoso (primavera/verão), esses tratamentos que receberam menores lâminas de irrigação no período seco começaram a receber água provinda da chuva e, tendo maior quantidade de nutrientes no solo, puderam expressar tanto seu potencial produtivo quanto seu crescimento. No caso da altura de planta, esse fato pode ser comprovado pelo fato de os valores médios no período outono/inverno de cada gramínea, nas maiores lâminas de irrigação, serem bastante próximos aos encontrados nas respectivas gramíneas na estação primavera/verão.

#### **4.4.6. Análise bromatológica e digestibilidade de matéria seca**

Na Tabela 13 estão apresentados os valores médios de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) das respectivas combinações de gramíneas e estações do ano. Nessa tabela, verifica-se que, dentro da estação outono/inverno, os capins Xaraés e Tanzânia apresentaram os menores teores de PB, porém não diferiram estatisticamente ( $p>0,05$ ) dos capins Mombaça, Marandu e Estrela.

Tabela 13 – Valores médios de proteína bruta (PB), de fibra em detergente neutro (FDN) e de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) nas respectivas combinações de gramíneas e estações do ano

Gramínea	PB (%)		FDN (%)		DIVMS (%)	
	Out./Inv.	Pri./Ver.	Out./Inv.	Pri./Ver.	Out./Inv.	Pri./Ver.
Xaraés	10,41 Ba	11,27 ABa	72,94 Aa	74,46 Aa	58,47 Aa	53,87 Bb
Mombaça	11,47 ABa	9,19 Bb	68,96 ABCa	71,87 ABa	60,57 Aa	56,30 ABb
Tanzânia	10,05 Ba	9,54 ABa	66,73 BCa	68,36 Ba	62,09 Aa	62,37 Aa
Pioneiro	13,35 Aa	12,14 Aa	63,19 Ca	66,22 Ba	64,62 Aa	61,91 Aa
Marandu	12,63 ABa	9,85 ABb	69,12 ABa	71,45 ABa	61,35 Aa	54,05 Bb
Estrela	10,70 ABa	8,93 Ba	68,51 ABCa	70,72 ABa	61,86 Aa	60,38 Aa

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na linha e seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Dentro da estação primavera/verão, a Estrela e o Mombaça foram as gramíneas que proporcionaram menores teores de PB, porém não diferiram estatisticamente ( $p > 0,05$ ) dos capins Xaraés, Tanzânia e Marandu. Santos et al. (2003), trabalhando com diversas forrageiras irrigadas no Município de Recife, PE, também verificaram que Pioneiro foi o capim que apresentou o maior teor de PB (10,2%), seguido dos capins Tanzânia (7,3%), Marandu (7,2%) e Mombaça (7,0%), que não diferiram entre si. Os valores apresentados por esses autores foram menores que os encontrados neste trabalho em razão, possivelmente, de o manejo ser por corte, o intervalo de corte ser maior (35 dias) e a adubação nitrogenada ser menor ( $50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ). Machado et al. (1998) encontraram teores de PB em alguns capins maiores que os obtidos neste estudo. No período chuvoso, os teores de PB encontrados por esses autores foram de 12,8 e 11,9% e no período seco, de 13,2 e 12,1% com relação aos capins Mombaça e Tanzânia, respectivamente. Esses autores trabalharam no Município de Maringá, PR, com diferentes alturas de corte e com reposição de nitrogênio de 1,5% da produção de matéria seca do último corte. Macedo et al. (1993), comparando o teor de PB de três cultivares de *Panicum maximum*, dentre eles o capim-tanzânia, com duas

espécies do gênero *Brachiaria* (*Brachiaria brizantha* e *Brachiaria decumbens*), nos períodos seco e chuvoso, verificaram que os teores de PB sempre foram maiores nas forrageiras do gênero *Panicum* que nas do gênero *Brachiaria*, independentemente do período, embora essa diferença tenha sido de pequena magnitude. O teor de PB encontrado no capim-estrela foi próximo ao observado na literatura (ALVIM et al., 2003; CECATO et al., 2001b; RAMOS et al., 1993). No caso do capim-xaraés existem poucos trabalhos na literatura, porém Euclides (2002) encontrou teor de PB de 10,3%. Por sua vez, Costa (2007) relatou teores de PB próximos de 8,5%, ou seja, teor menor do que os encontrados neste estudo.

Nos capins Xaraés, Tanzânia, Pioneiro e Estrela, observou-se que a estação do ano não teve efeito ( $p>0,05$ ) sobre os teores de PB. Nos capins Mombaça e Marandu, verificou-se que os teores de PB foram maiores ( $p<0,05$ ) na estação outono/inverno. Gerdes et al. (2000b) obtiveram resultados diferentes avaliando os capins Marandu e Tanzânia (sendo o último do mesmo gênero do capim-mombaça), no Município de Nova Odessa, SP, em cultivo de sequeiro, com intervalos de corte de 35 dias e adubação nitrogenada de  $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Esses autores observaram, em geral, que as estações primavera e verão proporcionaram maiores teores de PB em relação às estações outono e inverno. Em média, os teores de PB foram de 17% e 12% nas estações primavera/verão e outono/inverno, respectivamente. Machado et al. (1998) também apresentaram resultados contrários aos do presente trabalho, uma vez que verificaram maiores teores de PB na estação chuvosa (primavera/verão) em relação à estação seca (outono/inverno), nos capins Mombaça e Tanzânia.

Analisando os teores de FDN na Tabela 13, observou-se que, independentemente da estação, os capins Xaraés e Pioneiro foram os que apresentaram maior ( $p<0,05$ ) e menor ( $p<0,05$ ) teores de FDN, respectivamente. Os valores de FDN dos capins Tanzânia e Mombaça ficaram dentro daqueles normalmente encontrados na literatura. Euclides (1995), estudando diversas cultivares de *Panicum maximum*, concluiu que valores de

FDN inferiores a 55% são raros. Valores superiores a 65% são comuns em tecidos novos, enquanto teores entre 75 e 80% são encontrados em forragem de maturidade avançada. Santos et al. (2003), trabalhando com diversas forrageiras irrigadas no Município de Recife, PE, encontraram os maiores valores de FDN nos capins Tanzânia (79,2%) e Mombaça (77,5%), seguidos do capim-marandu (74,8%), que por fim apresentou maior valor de FDN que o capim-pioneiro (68,1%). Os valores encontrados por esses autores foram maiores que os deste trabalho, possivelmente pelo mesmo motivo, dado ao fato de os valores de PB terem sido maiores, o manejo da pastagem ter sido por corte e o intervalo de corte ter sido também maior, 35 dias. Os valores de FDN do capim-estrela ficaram próximos aos encontrados por Cecato et al. (2001b), em Maringá, PR, na estação de verão, que foram em torno de 70 e 67% nas doses de 0 e 400 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de nitrogênio, respectivamente. Para o capim-xaraés, Euclides (2002) citou valor de 73,4%, valor esse próximo ao obtido no presente trabalho.

O efeito proporcionado pela estação nos teores de FDN não foi observado ( $p>0,05$ ) em nenhuma gramínea. Esse resultado não era esperado, pois, com o rápido alongamento da folha dos capins na estação primavera/verão, a participação do constituinte parede celular deveria ser maior e, conseqüentemente, a FDN também. Gerdes et al. (2000b) verificaram, em geral, que as estações primavera e verão proporcionaram teores de FDN em torno de 17,7 e 15,9% maiores que os das estações outono e inverno, nos capins Marandu e Tanzânia, respectivamente. Machado et al. (1998) verificaram também o mesmo comportamento, e os valores de FDN no período chuvoso foram de 73,4 e 75,1%, enquanto no período seco, de 69,6 e 70,1%, nos capins Mombaça e Tanzânia, respectivamente. Mais uma vez, os teores de FDN citados foram superiores aos apresentados neste trabalho em razão, possivelmente, de o sistema ser manejado por corte e o intervalo de corte ser maior, pois foram de 35 dias no período chuvoso e 70 no período seco.

Verifica-se também, na Tabela 13, que as gramíneas na estação outono/inverno não proporcionaram efeito ( $p>0,05$ ) na DIVMS. Já na estação primavera/verão os capins Xaraés e Marandu apresentaram os menores ( $p<0,05$ ) valores de DIVMS, seguidos do capim-mombaça. Os demais capins que apresentaram os maiores ( $p<0,05$ ) valores não diferiram ( $p>0,05$ ) entre si. O Xaraés teve menor digestibilidade devido ao fato de possuir maior FDN. Já com relação aos capins Marandu e Mombaça, isso foi devido aos moderados valores de PB e FDN. Gerdes et al. (2000b) obtiveram valores médios de DIVMS de 65,5 e 62,3%, nos capins Marandu e Tanzânia, respectivamente, porém, a diferença de 3,2 unidades percentuais não foi significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Apesar disso, esses autores relataram que, de modo geral, as cultivares de *Panicum maximum* possuem DIVMS superior ao das gramíneas do gênero *Brachiaria*. Os resultados do presente trabalho corroboram esse relato.

Os valores de DIVMS dos cultivares de *Panicum* estão próximos aos encontrados por Machado et al. (1998), que foram de 64,6 e 63,4% no período chuvoso e 64,8 e 66,9% no período seco, nos capins Mombaça e Tanzânia, respectivamente. Quanto à DIVMS encontrada na Estrela, ela está próxima das obtidas por Cecato et al. (2001b) (61,2%) e maior que as encontradas por Alvim et al. (2003) (50,7%), que trabalharam com dose nitrogenada de 400 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, no Município de Coronel Pacheco, MG. Sória (2002), utilizando maiores doses de adubo nitrogenado, observou maiores valores de DIVMS, concluindo que a aplicação desse adubo traz benefícios não apenas na quantidade produzida, mas também na qualidade, pois a digestibilidade é um dos melhores previsores da qualidade da forragem.

Ao estudar o efeito das estações do ano, verificou-se nas gramíneas Tanzânia, Pioneiro e Estrela que as diferentes estações não influenciaram ( $p>0,05$ ) os valores de DIVMS. Entretanto, nas demais gramíneas verificou-se que a estação outono/inverno proporcionou maiores ( $p<0,05$ ) valores de DIVMS que na estação primavera/verão. A DIVMS foi menor na estação primavera/verão devido à ocorrência de altas temperaturas (Figura 1). Altas

temperaturas promovem rápido crescimento e desenvolvimento da folha, que aumenta o teor dos componentes da parede celular e, como consequência, também a participação desse componente na matéria seca total da planta. Segundo Wilson (1982), esses efeitos estão negativamente correlacionados com a DIVMS. Gerdes et al. (2000b) constataram, em geral, que as estações outono e inverno proporcionaram DIVMS em torno de 6,9 e 11,2% maiores que na primavera e no verão, nos capins Marandu e Tanzânia, respectivamente. Machado et al. (1998) também verificaram o mesmo no capim-tanzânia.

Independentemente das estações, observou-se que os capins do gênero *Panicum* não diferiram entre si ( $p>0,05$ ) em nenhuma avaliação bromatológica ou DIVMS. Segundo Euclides (1995), essas cultivares, comparadas sob as mesmas condições experimentais, apresentam pequena variação na qualidade da forragem. Da mesma forma, os capins Xaraés e Marandu, que são da espécie *Brachiaria brizantha*, não diferiram ( $p<0,05$ ) entre si, em nenhuma avaliação bromatológica ou DIVMS.

#### **4.4.7. Sistema radicular**

Na Tabela 14 estão apresentados os valores médios de densidade de raiz (DR) das gramíneas e lâminas de irrigação estudadas. Observou-se que, dentro dos tratamentos não irrigados (0% da referência), as gramíneas não diferiram ( $p>0,05$ ) em relação a essa característica. Na lâmina de irrigação de 45% da referência (280 mm), verificou-se que os capins Xaraés e Marandu alcançaram maiores ( $p<0,05$ ) médias de DR em relação às outras gramíneas. Já na lâmina de irrigação de 100% da referência (560 mm) o capim-xaraés foi o que apresentou maior ( $p<0,05$ ) média de DR, não diferindo do Marandu, que por sua vez não diferiu ( $p>0,05$ ) dos capins Mombaça e Estrela. Nessa mesma lâmina de irrigação (560 mm), os capins Tanzânia e Pioneiro exibiram os menores ( $p<0,05$ ) valores de DR. É válido ressaltar o desempenho dos capins Xaraés e Marandu quando irrigados, pois são importantes para a conservação e incremento de matéria orgânica do solo, devido à alta produção de raízes.

Tabela 14 – Valores médios de densidade de raiz ( $\text{g dm}^{-3}$ ), sob condições de pastejo, das respectivas combinações de lâminas de irrigação e gramíneas

Gramínea	0% (0 mm)	45% (280 mm)	100% (560 mm)
Xaraés	0,31 Ab	1,81 Aa	1,81 Aa
Mombaça	0,48 Aa	0,65 Ba	0,73 Bca
Tanzânia	0,91 Aa	0,44 Ba	0,44 Ca
Pioneiro	0,38 Aa	0,59 Ba	0,46 Ca
Marandu	0,76 Ab	1,66 Aa	1,22 Abab
Estrela	0,32 Aa	0,73 Ba	0,98 Bca

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na linha e seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Porém, essas gramíneas não possuem maior capacidade em absorver água e nutrientes, pois essa característica não aumenta em proporção ao aumento da DR. Enquanto novas raízes com alta capacidade de absorção estão sendo produzidas, raízes mais velhas se tornam menos permeáveis (KRAMER, 1983). Os valores de DR do capim-tanzânia estão próximos aos encontrados na literatura. Pagotto (2001), avaliando a DR do capim-tanzânia irrigado com 30 dias após o pastejo no Município de Piracicaba, SP, obteve valores de 0,44; 0,71; e 0,84  $\text{g dm}^{-3}$ , nas estações primavera, verão e outono, respectivamente. Giacomini et al. (2005), ao avaliarem dois capins utilizando duas doses de nitrogênio no Município de Nova Odessa, SP, observaram valores de DR de 1,6 e 1,2  $\text{g dm}^{-3}$  com a dose de 150  $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  e 1,8 e 1,1  $\text{g dm}^{-3}$  com a dose de 300  $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ , nos capins Tanzânia e Aruana, respectivamente. A DR do capim-mombaça encontrada neste trabalho foi menor do que a encontrada por Gomide et al. (2003). Esses autores, trabalhando no Município de Viçosa, MG, apresentaram valores médios de DR de 0,2 e 1,2  $\text{g dm}^{-3}$ , respectivamente, 16 e 37 dias após a emergência.

O efeito das lâminas de irrigação na DR não foi verificado ( $p > 0,05$ ) nas gramíneas Mombaça, Tanzânia, Pioneiro e Estrela. Cunha et al. (2007), avaliando o capim-tanzânia com os mesmos níveis de irrigação no Município

de Viçosa, MG, também não observaram efeito das lâminas de irrigação na DR do capim. No capim-xaraés, as lâminas de irrigação de 45% (280 mm) e 100% da referência (560 mm) não diferiram entre si ( $p>0,05$ ) e apresentaram maior ( $p<0,05$ ) DR em relação ao tratamento não-irrigado. Já, no capim-marandu, observou-se que apenas a lâmina de irrigação de 45% de referência (280 mm) proporcionou maior ( $p<0,05$ ) DR que o tratamento não-irrigado.

Além de a DR ser dependente da gramínea e da lâmina de irrigação, como observado nesta pesquisa, esse fator também é influenciado pelo manejo e pela temperatura, entre outros. DeLucia et al. (1992) relataram que temperaturas muito baixas são limitantes ao crescimento do sistema radicular das forrageiras. Scheffer-Basso et al. (2002) observaram, na gramínea *Bromus auleticus*, que a quantidade de raiz produzida diminuiu em 53 e 55% à medida que cortes mais freqüentes e mais baixos foram efetuados, respectivamente. Shaffer et al. (1994), trabalhando com três capins nos EUA, verificaram que dos 20 aos 52 dias após o corte a DR aumentou cerca de 365, 591 e 304%, em *Bromus willdenowii* Kunth., *Festuca arundinacea* Schreb. e *Bromus inermis* Leyss, respectivamente. Esses autores também observaram redução na DR da profundidade de 10 para 20 cm de 40, 58 e 66% para *Bromus willdenowii* Kunth., *Festuca arundinacea* Schreb. e *Bromus inermis* Leyss, respectivamente. Cecato et al. (2001a), trabalhando com peso de raízes em pastagem de Coastcross-1, observaram que a produção de matéria seca de raízes aumentou à medida que se elevaram os níveis de resíduo de matéria seca aérea. Após um corte no capim, a quantidade de raiz diminui, pois há um declínio na produção de forragem elaborado para ela. Dependendo da quantidade de resíduo deixado, há menor declínio ou não do crescimento do sistema radicular.

Já nos dados de profundidade efetiva (PE) do sistema radicular, não foi verificado nenhum efeito ( $p>0,05$ ). Na Tabela 15 estão apresentados os valores médios de PE das diferentes gramíneas e lâminas de irrigação. Apesar de não ter sido verificado efeito estatístico, o capim-marandu merece destaque, por ter apresentado valor médio de PE no sistema radicular maior em todas as

lâminas de irrigação estudadas, em relação às outras gramíneas. Esse valor foi próximo ao de 70 cm encontrado por Voltaire et al. (1998), na região sul da França, em *Lolium perenne* L. No entanto, os capins Xaraés e Mombaça apresentaram menores valores de PE, evidenciando que, apesar de o capim-xaraés ter produzido maior peso de matéria seca de raízes (Tabela 14), estas ficaram concentradas nas primeiras camadas do solo. Essa característica é indesejável, pois, em longos períodos de veranicos, essas forrageiras terão maior dificuldade de absorver água de camadas profundas e poderão sofrer mais rapidamente o estresse hídrico. Outro problema que PE do sistema radicular menor ou superficial traz é a redução no raio de ação da planta para obtenção de nutrientes do solo. Para haver compensação disso, a planta exige maior concentração de nutrientes num menor volume de solo. Gregory (1994) demonstrou esse fato ao evidenciar a importância do comprimento de raízes para taxas máximas de absorção do amônio em solução, quando foram exigidos 100 e 5 cm de raízes para cada cm<sup>3</sup> de solo, quando a disponibilidade desse íon no solo foi baixa e alta, respectivamente.

Tabela 15 – Valores médios de profundidade efetiva do sistema radicular (cm), sob condições de pastejo, das respectivas combinações de lâminas de irrigação e gramíneas

Gramínea	0% (0 mm)	45% (280 mm)	100% (560 mm)	Média
Xaraés	33,71	46,37	44,54	41,54
Mombaça	45,18	25,00	43,58	37,92
Tanzânia	56,54	57,99	66,05	60,20
Pioneiro	70,58	35,06	52,77	52,80
Marandu	72,10	69,51	66,66	69,42
Estrela	45,61	51,05	60,07	52,24
Média	53,95	47,50	55,61	52,35

O valor médio da PE do sistema radicular do capim-tanzânia foi maior do que os relatados na literatura. Cunha et al. (2007), no Município de Viçosa, MG, e Delgado-Rojas et al. (2004) em Piracicaba, SP, encontraram valores médios de 50 e 38 cm, respectivamente. Howell (1999) relatou que alguns capins das espécies *Saccharum spontaneum*, *Thysanolaena maxima* e *Cymbopogon microtheca* atingem uma PE do sistema radicular entre 50 e 100 cm, já as do gênero de *Cynodon dactylon* e *Pennisetum clandestinum* podem chegar a valores acima de 100 cm. Kafle (2005) relatou sobre a grande variabilidade da PE do sistema radicular das gramíneas, citando valores entre 14-54, 15-27 e 70-95 cm em capins Napier, Molasses e Amliso, respectivamente, e de 24-130 em *Stylosanthes*.

Quanto ao efeito proporcionado pela lâmina de irrigação, os resultados deste trabalho diferem de alguns encontrados na literatura. Cunha et al. (2007) observaram que, quanto maior a lâmina de irrigação, maior a PE do sistema radicular do capim-tanzânia. Eles relataram que o aumento da lâmina de irrigação fez que maior quantidade de água atingisse regiões mais profundas, permitindo o sistema radicular atingir maior profundidade.

Segundo Jordan et al. (2003), um fator dentro da irrigação que afeta fortemente o comportamento do sistema radicular é o turno de rega. Quando as aplicações das irrigações são mais freqüentes, menor é a PE do sistema radicular. Cunha et al. (2007) constataram esse efeito avaliando o capim-tanzânia. Eles encontraram valores de PE do sistema radicular de 48, 50 e 52 cm, nos turnos de rega de um, quatro e sete dias, respectivamente.

Na Figura 39 estão apresentados os valores médios da porcentagem de raiz acumulada ao longo do perfil do solo para as seis gramíneas forrageiras irrigadas com a lâmina de referência (100%). Analisando essa figura, observa-se que entre as profundidades de 0 a 70 cm continham mais de 80% do total das raízes das gramíneas.

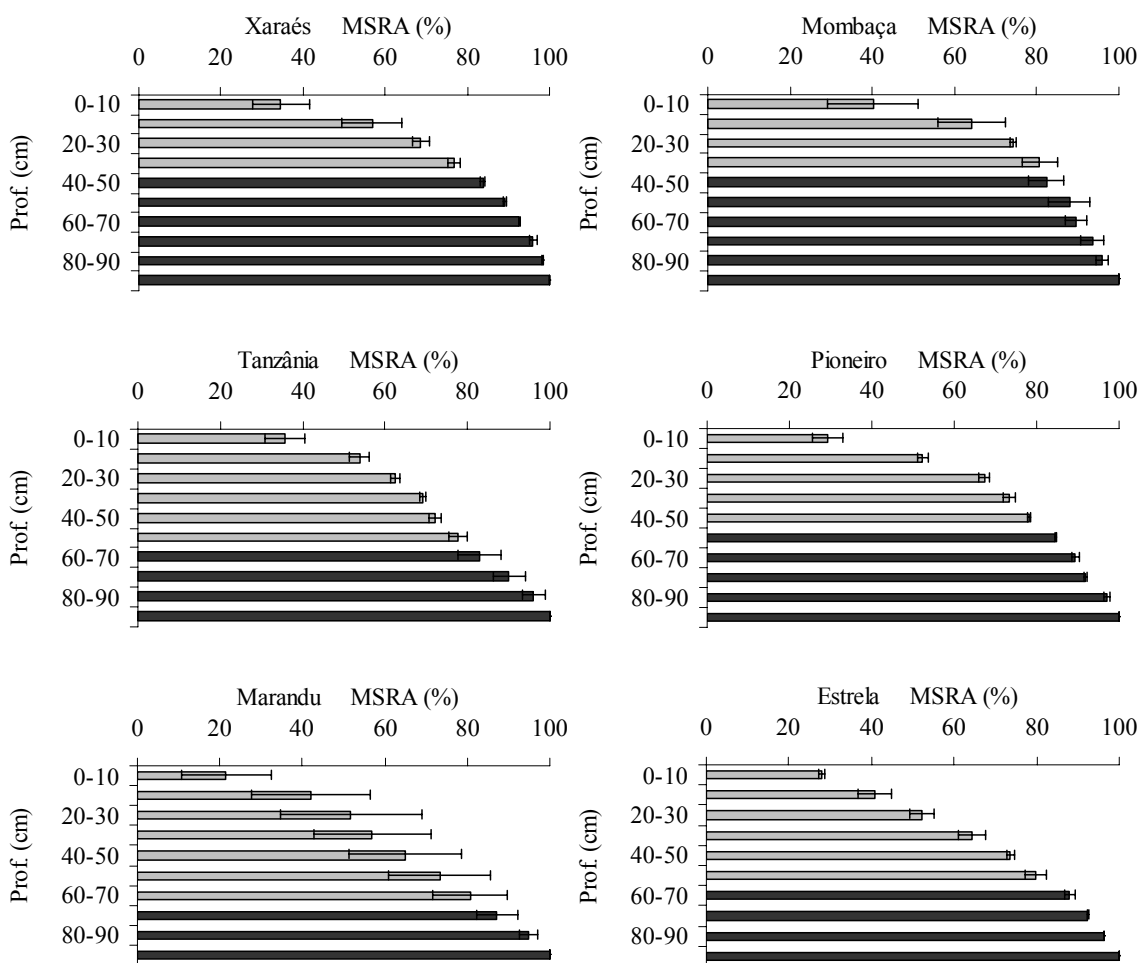


Figura 39 – Matéria seca de raiz acumulada (MSRA) ao longo do perfil do solo na lâmina de irrigação de referência (100%), sob condições de pastejo, para seis gramíneas forrageiras.

#### 4.4.8. Estacionalidade da produção e efeito da irrigação

Na Tabela 16, observa-se ocorrência da estacionalidade de produção dos capins quando não-irrigados. Na média, os capins produziram no outono/inverno 37,3% da produção total anual. Já em condições de irrigação (lâmina, máxima produção), praticamente não se observou a ocorrência da estacionalidade, pois os capins produziram, em média, no outono/inverno 46% da produção total anual. Nota-se, nessa tabela, que o efeito da irrigação como manejo complementar para aumentar a produção dos capins, no

outono/inverno, se mostrou capaz de compensar o efeito clima desfavorável. Destaque para o capim-xaraés, por apresentar maior produtividade de MS nas condições avaliadas, seguido dos capins Estrela e Mombaça.

Tabela 16 – Valores médios de produtividade de matéria seca passível de ser consumida ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) das seis gramíneas irrigadas e não-irrigadas e relação entre estação outono-inverno/produção total (%)

Gramínea	Não-Irrigada				Irigada			
	Estação		Total	Relação	Estação		Total	Relação
	Out./Inv.	Pri./Ver.			Out./Inv.	Pri./Ver.		
Xaraés	4.186	7.621	11.807	35	6.914	7.968	14.882	47
Mombaça	3.718	6.534	10.252	36	5.849	6.476	12.325	47
Tanzânia	3.585	6.384	9.969	36	5.332	6.222	11.554	46
Pioneiro	4.202	7.543	11.745	36	5.615	6.915	12.530	45
Marandu	4.065	6.794	10.859	37	5.201	6.247	11.448	45
Estrela	4.333	5.442	9.775	44	6.158	6.961	13.119	47

Irigado referente à lâmina de irrigação que maximizou a produtividade de MS e não-irrigado referente a 0% da lâmina de referência.

Os resultados obtidos nesta pesquisa corroboram os resultados de Vilela et al. (2004c), que, avaliando em Coronel Pacheco, MG, o efeito da irrigação nos capins Coast-Cros, Florona, Marandu e Xaraés, observaram que as produções de forragem na época da seca representaram entre 40 e 48% da produção anual.

#### 4.5. Experimento 2 – Influência da adubação nitrogenada sobre a produção de seis gramíneas forrageiras tropicais

##### 4.5.1. Produtividade de matéria seca

Na Tabela 17, observa-se que apenas na estação outono/inverno com adubação nitrogenada de  $300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  não houve diferença significativa na produtividade de MS das gramíneas. Porém, de maneira geral, o capim-xaraés se destacou por apresentar maior produtividade de MS na maioria das

condições avaliadas, seguido dos capins Tanzânia e Mombaça, ambos do gênero *Panicum*. O capim-pioneiro, em geral, apresentou menores produtividades de MS, seguido dos capins Marandu e Estrela. Nota-se, naquela tabela, que as duas gramíneas do gênero *Brachiaria* se destacaram diferentemente, uma por apresentar elevada produtividade (capim-xaraés), e outra por apresentar baixa produtividade de MS (capim-marandu). Detomini (2004), em trabalho realizado no Município de Piracicaba, SP, sob irrigação, manejado por corte e com adubação nitrogenada de 544 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> parcelada em três aplicações, verificou que a superioridade na produtividade de MS do capim-xaraés sobre o capim-marandu foi maior quanto maiores foram os graus-dias. Rodrigues (2004), trabalhando com os mesmos capins no Município de Planaltina, DF, em sistema irrigado, com dose de nitrogênio de 75 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e intervalos de corte de 28 dias, também encontrou maiores produtividades de MS pelo capim-xaraés.

Tabela 17 – Valores médios de matéria seca passível de ser consumida (kg ha<sup>-1</sup>), sob condições de pastejo, das respectivas combinações de adubação nitrogenada, gramíneas e estações do ano

Gramínea	100 kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>		300 kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	
	Out./Inv.	Pri./Ver.	Out./Inv.	Pri./Ver.
Xaraés	5.935 Abb	9.154 Aa	6.157 Ab	9.008 Aa
Mombaça	5.489 Abb	7.986 ABa	6.094 Ab	8.721 ABa
Tanzânia	6.343 Ab	8.465 ABa	5.093 Ab	8.456 ABCa
Pioneiro	4.257 Cb	7.281 Ba	4.802 Ab	7.484 BCa
Marandu	4.370 Cb	7.605 Ba	4.957 Ab	6.971 Ca
Estrela	4.632 BCb	7.320 Ba	5.249 Ab	8.523 ABa

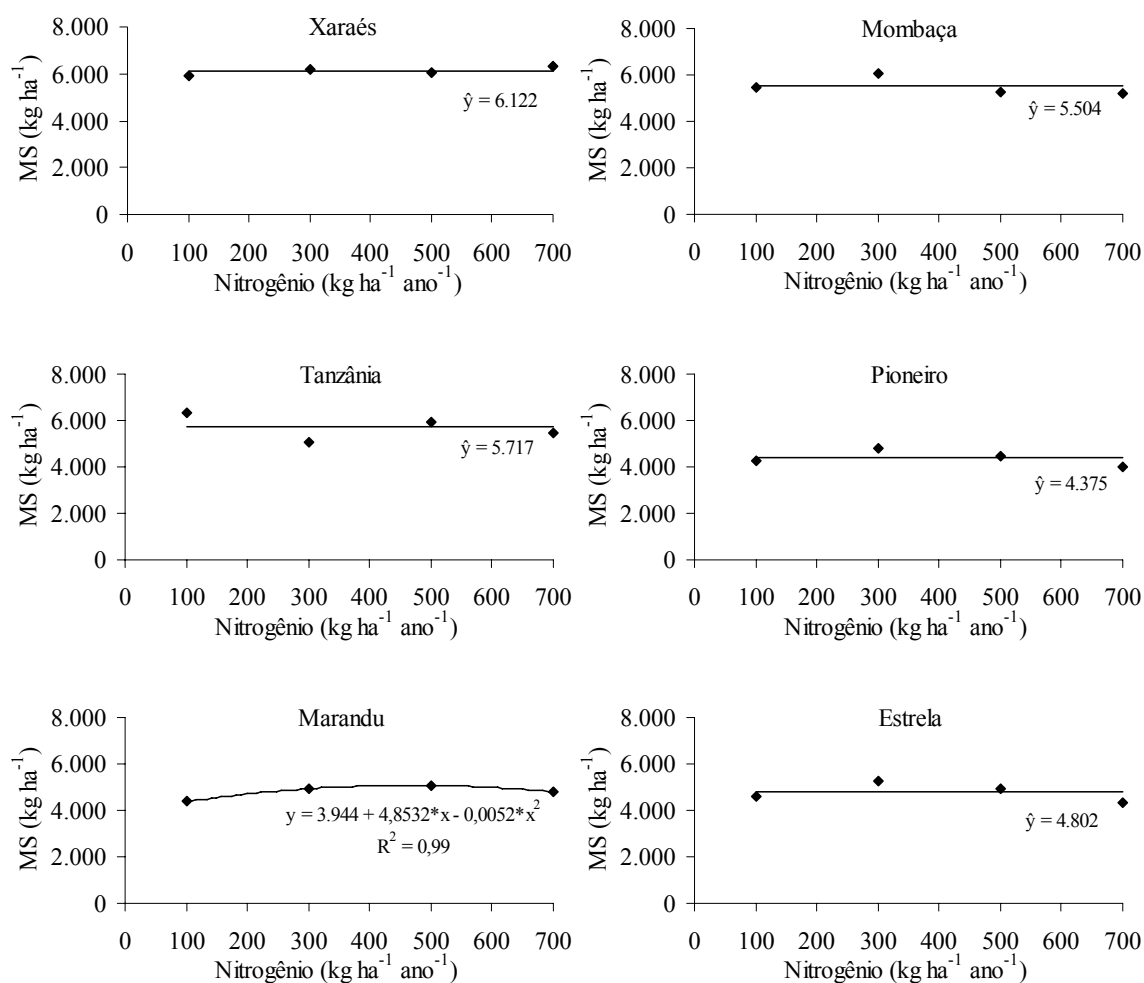
Gramínea	500 kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>		700 kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	
	Out./Inv.	Pri./Ver.	Out./Inv.	Pri./Ver.
Xaraés	6.074 Ab	8.939 Aa	6.319 Ab	8.314 ABa
Mombaça	5.255 Abb	7.916 ABCa	5.176 ABb	8.176 ABa
Tanzânia	5.943 Abb	8.811 ABa	5.490 ABb	8.694 Aa
Pioneiro	4.441 Bb	7.318 BCa	3.997 Bb	7.439 ABa
Marandu	5.052 Abb	6.659 Ca	4.811 ABb	6.874 Ba
Estrela	4.960 Abb	7.340 BCa	4.366 Bb	7.101 Ba

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na linha, em cada lâmina de irrigação, e seguidas de letras maiúsculas diferentes na coluna diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Independentemente da estação do ano ou dose de nitrogênio, os capins Mombaça e Tanzânia, ambos do gênero *Panicum*, não diferiram entre si ( $p>0,05$ ). Esse mesmo comportamento foi observado no experimento 1, com dose de nitrogênio de  $300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , em que a produtividade de MS de ambos os capins não diferiram ( $p>0,05$ ), independentemente das estações do ano ou das distintas lâminas de irrigação. Como neste trabalho, Santos et al. (2003) e Soares Filho (2001) também observaram o mesmo comportamento, ou seja, produtividade de MS semelhantes entre os capins Tanzânia e Mombaça.

Verifica-se também na Tabela 17 que a produtividade de MS nos diversos tratamentos foram maiores ( $p>0,05$ ) na estação primavera/verão em relação à estação outono/inverno. Esse resultado é justificado da mesma forma que foi explicado para a produtividade de MS no experimento 1, ou seja, maiores temperaturas proporcionando aumento no metabolismo da planta e ocasionando maiores taxas de perfilhamento, de aparecimento de folhas e alongamento de folhas e colmo e, conseqüentemente, maiores taxas evapotranspirométricas. Na literatura, encontram-se inúmeros trabalhos que mostram maiores produtividades de MS nas estações mais quentes do ano, dentre esses o de Fagundes et al. (2005), no Município de Viçosa, MG, que encontraram o mesmo comportamento no capim-braquiária.

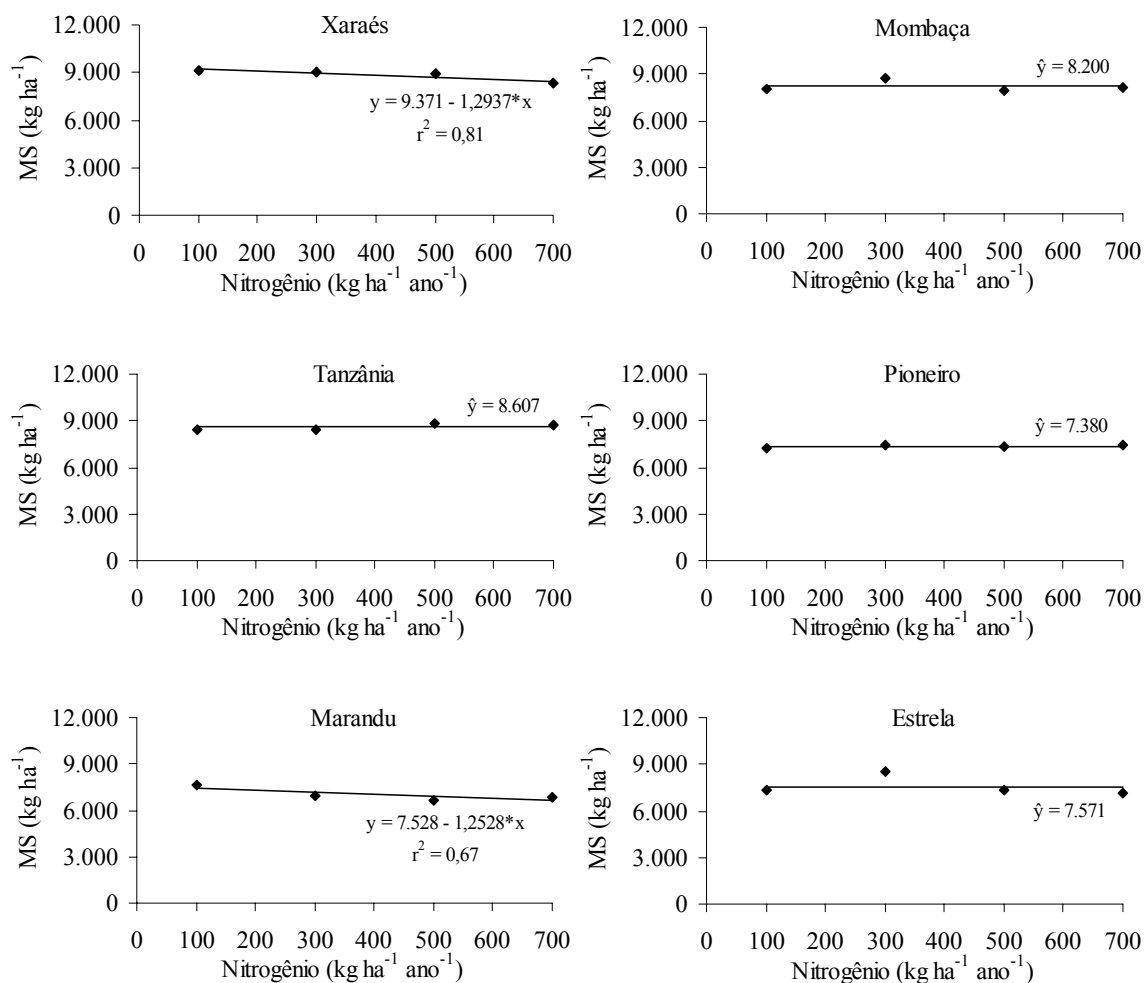
Na Figura 40 estão apresentados os valores de produtividade de MS em função da dose nitrogenada para diversas gramíneas na estação outono/inverno. Verifica-se que apenas para o capim-marandu as doses de nitrogênio proporcionaram efeito quadrático ( $p<0,05$ ) na produtividade de MS, cujo máximo estimado da equação foi para a dose de  $468 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Para as demais gramíneas, não foram observadas respostas ( $p>0,05$ ) na produtividade de MS pelo efeito das diferentes doses nitrogenadas.



\*  $p < 0,05$ .

Figura 40 – Estimativa da produtividade de matéria seca passível de ser consumida ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de seis gramíneas forrageiras, sob condições de pastejo, no período de outono/inverno, em função de diferentes níveis de adubação nitrogenada ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ).

Na Figura 41 estão apresentados os valores de produtividade de MS em função da dose de nitrogênio das diversas gramíneas na estação primavera/verão. Verifica-se, nessa figura, que as produtividades de MS dos capins Xaraés e Marandu foram influenciadas ( $p < 0,05$ ) pela adubação nitrogenada. Essas gramíneas apresentaram comportamento linear negativo, ou seja, o aumento na dose de nitrogênio proporcionou redução na produtividade de MS. Nas demais gramíneas, não foram observadas respostas ( $p > 0,05$ ) na produtividade de MS pelo efeito da adubação nitrogenada.



\*  $p < 0,05$ .

Figura 41 – Estimativa da produtividade de matéria seca passível de ser consumida (kg ha<sup>-1</sup>) de seis gramíneas forrageiras, sob condições de pastejo, no período de primavera/verão, em função de diferentes níveis de adubação nitrogenada (kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>).

Observa-se nas Figuras 40 e 41 que, em geral, as diferentes doses de N não afetaram a produtividade de MS. No caso do capim-xaraés e marandu na estação outono/inverno, houve efeito ( $p < 0,05$ ), porém negativo, ou seja, o aumento da dose de N proporcionou redução na produtividade de MS. Os resultados obtidos nesta pesquisa destoam de outros trabalhos existentes na literatura que mostram, na sua maioria, o aumento da produtividade de MS em resposta à adubação nitrogenada nas diversas gramíneas. Fagundes et al. (2005), trabalhando com o capim-braquiária no Município de Viçosa, MG,

com sistema de pastejo e aplicando 75, 150, 225 e 300 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N, verificaram que a produtividade de MS respondeu com o aumento da dose de N, independentemente da estação do ano. Nas estações verão, outono e inverno, o comportamento foi linear positivo, enquanto na estação primavera o comportamento foi quadrático. Outros exemplos de trabalhos que mostram o aumento da produtividade de MS em resposta ao aumento da adubação nitrogenada são: Martuscello et al. (2005) no capim-xaraés, Freitas et al. (2005), Gargantini et al. (2005) e Corrêa et al. (1998) no capim-mombaça, Cunha (2004), Sória (2002) e Corrêa et al. (1998) no capim-tanzânia, Mistura et al. (2006), Lopes et al. (2005), Carvalho et al. (1975) e Andrade (1972) no capim-elefante, que é do mesmo gênero do capim-pioneiro, Batista e Monteiro (2006), Oliveira et al. (2005), Alexandrino et al. (2003) e Corrêa et al. (1998) no capim-marandu, e Alvim et al. (2003) e Cecato et al. (2001b) na Estrela, dentre outros.

Considerando o tipo de solo em estudo, a sua degradação na qualidade física causada pelo pastejo (selamento superficial e redução da taxa de infiltração de água) e a não-resposta dos capins à adubação nitrogenada possivelmente podem ser justificadas. Segundo Silva et al. (1997), o clima de uma área, caracterizado pela temperatura, precipitação, demanda evaporativa e luz, estabelece o potencial de crescimento de determinada cultura. O solo impõe outras limitações no crescimento de plantas, dependendo da sua capacidade de suprir nutrientes, água e oxigênio em quantidades suficientes para atender ao potencial de crescimento determinado pelo clima.

Outra explicação da não-resposta dos capins à adubação nitrogenada pode ser baseada na metodologia para determinação da matéria seca. Foi determinado apenas o material potencialmente consumível, ou seja, apenas folha. Se tivesse sido avaliado juntamente com essas folhas a massa seca de colmo, talvez houvesse resposta.

## 5. CONCLUSÕES

As lâminas médias de irrigação para maximizar a produtividade de matéria seca dos capins Pioneiro, Marandu, Mombaça, Tanzânia, Xaraés e Estrela são de 672, 672, 560, 448, 448 e 414 mm ano<sup>-1</sup>, respectivamente.

As lâminas médias de água aplicadas na estação outono/inverno proporcionam, em geral, aumento na produtividade de matérias seca e verde e na cobertura do solo e redução no teor de matéria seca. No entanto, na estação primavera/verão as lâminas de água aplicadas não afetam a produtividade de matéria seca, mas proporcionam aumento no teor de matéria seca e da cobertura do solo e redução na produtividade de matéria verde e na altura de planta.

A adubação nitrogenada não proporcionou aumento na produtividade de matéria seca das gramíneas estudadas.

A irrigação na estação outono/inverno é eficiente em reduzir a estacionalidade na produção de forragem na região Leste de Minas Gerais, com produção na época seca entre 45 e 47% da produção anual.

O capim-xaraés apresenta maior produtividade de matéria seca e densidade de raiz, em relação às demais forrageiras estudadas. Essa gramínea, juntamente com os capins Marandu e Estrela, proporcionou boa cobertura ao solo.

Os capins Estrela e Pioneiro apresentam maior e menor teores de matéria seca, respectivamente.

Os capins Pioneiro e Xaraés são as gramíneas mais altas e o capim-marandu, a mais baixa.

Os capins Marandu e Tanzânia apresentam maior profundidade efetiva de raízes e os capins Xaraés e Mombaça, as gramíneas de sistema radicular mais superficial.

As maiores produtividades de matérias seca e verde e as maiores alturas de plantas são obtidas na primavera/verão. Entretanto, as estações não proporcionam efeito no teor de matéria seca, cobertura do solo e fibra em detergente neutro. Para os capins Mombaça e Marandu, a estação outono/inverno proporciona maiores teores de proteína bruta e digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

O pastejo não provoca compactação expressiva do solo, mas reduz em 67% a taxa de infiltração básica de água do solo.

Para a região Leste do Estado de Minas Gerais, recomenda-se a *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés em sistema de produção de forragem irrigada com manejo intensivo.

O estudo sinaliza taxa de lotação média de 3,0 vacas ha<sup>-1</sup> (seis vezes a média da região), custo da dieta de R\$0,09 por kg de MS ou R\$0,15 por litro de leite (vacas 8,0 litros dia<sup>-1</sup>).

## 6. REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. P. A. et al. Produção de uma pastagem de Tifton 85 irrigada por aspersão em malha, sob condições de pastejo intensivo. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 15., 2005, Teresina. **Anais...** Teresina: ABID, 2005. CD-ROM.

AGUIAR, A. P. A. et al. Avaliação de características de crescimento e de produção do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça) sob condições irrigadas e em sequeiro em ambiente de cerrado. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 12., 2002a, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: ABID, 2002. CD-ROM.

AGUIAR, A. P. A. et al. Avaliação de características de crescimento e de produção do capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) sob condições irrigadas e em sequeiro em ambiente de cerrado. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 12., 2002b, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: ABID, 2002. CD-ROM.

AGUIAR, A. P. A. Manejo de pastagens. In: CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM MANEJO DA PASTAGEM. Uberaba, MG: FAZU, 2002. 71 p.

AGUIAR, A. P. A. **Manejo de pastagens**. Guaíba, RS: Livraria e Editora Agropecuária, 1998. 139 p.

ALENCAR, C. A. B. et al. Irrigação de pastagens: perspectivas e realidades. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA, 3., 2006. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, p. 183-212, 2006.

ALENCAR, C. A. B. Defendendo a irrigação por aspersão semifixa de baixa pressão, em pastagens irrigadas. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DO LEITE, 2., Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2002. p. 293-313.

ALENCAR, C. A. B. Seca atenuada. **Revista DBO Rural**, São Paulo, v. 17, n. 220, p. 44-52, fev. 1999.

ALEXANDRINO et al. Produção de massa seca e vigor de rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a diferentes doses de nitrogênio e frequências de cortes. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 40, n. 2, p. 141-147, 2003.

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration** – Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage. Rome: FAO, 1998. 319 p. (Paper 56).

ALVIM, M. J.; BOTREL, M. A.; REZENDE, H.; XAVIER, D. F. Avaliação sob pastejo do potencial forrageiro de gramíneas do gênero *Cynodon*, sob dois níveis de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 47-54, 2003.

ANDRADE, A. C. et al. Produtividade e valor nutritivo do capim-elefante cv. napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 1589-1595, 2000.

ANDRADE, J. M. S. **Efeito das adubações química e orgânica e da irrigação sobre a produção e o valor nutritivo do capim-elefante “Mineiro” em latossolo roxo distrófico do município de Ituiutaba, MG.** Viçosa, MG: UFV, 1972. 42 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

AZENEGASHE, O. A.; ALLEN, V.; FONTENOT, J. Grazing sheep and cattle together or separately: effect on soil and plants. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, n. 3, p.380-386, 1997.

BATISTA, K.; MONTEIRO, F. A. Respostas morfológicas e produtivas do capim-marandu adubado com doses combinadas de nitrogênio e enxofre. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.4, p.1281-1288, 2006.

BELTRAME, L. F. S.; GORDIM, L.A.P.; TAYLOR, J.C. Efeito da estrutura e compactação na permeabilidade de solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 5, p. 145-149, 1981.

BENEDETTI, E.; DEMETRIO, R. A.; COLMANETTI, A. L. Avaliação da resposta do cultivar Tanzânia (*Panicum maximum*) irrigado em solo de cerrado brasileiro. In: CONGRESSO PANAMERICANO DE LA LECHE, 7., La Havana, Cuba. **Anais...** La Habana: FEPALE, 2000. 179 p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. 625 p.

BITTENCOURT, P. C. S.; VEIGA, J. B. Avaliação das pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em propriedades leiteiras de Uruará, Pará. **Pasturas Tropicales**, Cali, v. 23, n. 2, p. 2-9, 2001.

BOTREL, M. A. et al. Potencial forrageiro de gramíneas em condições de baixas temperaturas e altitude elevada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 393-398, 2002.

BOTREL, M. A.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D. X. Avaliação de gramíneas forrageiras na região sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 683-689, 1999.

BOTREL, M. A.; ALVIM, M. J.; MOZZER, O. L. Avaliação agronômica de gramíneas forrageiras sob pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 9/10, p. 1019-1025, 1987.

BRANDÃO, V. S.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. **Infiltração da água no solo**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2003. 98 p.

BURKART, A. Evolution of grasses and grasslands in South America. **Taxon**, Austrália, v. 24, n. 1, p. 53-66, 1975.

BURMAN, R. D. et al. Water requeriments. In: JENSEN, M. E. **Design operation of farm irrigation system**. St. Joseph: ASAE, 1983. p.189-232.

CANTO, M. W. C. et al. Efeito da altura do capim-tanzânia diferido nas características da pastagem no período de inverno. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 1186-1193, 2001.

CARVALHO, S. R. et al. Influência da irrigação e da adubação em dois cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 10, n. 4, p. 23-30, 1975.

CECATO, U. et al. Teores de carboidratos não-estruturais, nitrogênio total e peso de raízes em Coastcross-1 (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) pastejado por ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 644-650, 2001a.

CECATO, U. et al. P. Avaliação de cultivares do gênero *Cynodon* com e sem nitrogênio. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 4, p. 781-788, 2001b.

CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais). **Estudo de otimização energética**. Belo Horizonte: CEMIG, 1993. 22 p.

CHRISTOFIDIS, D. Prática de irrigação no mundo. **Revista Item**, Brasília, n. 49, p. 8-13, 2001.

COAN, R. M. et al. Inoculante enzimático-bacteriano, composição química e parâmetros fermentativos das silagens dos capins Tanzânia e Mombaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 416-424, 2005.

CORRÊA, L. A.; FREITAS, A. R.; BATISTA, L. A. R. Níveis de nitrogênio e frequência de corte em 12 gramíneas forrageiras tropicais I - Produção de matéria seca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu, SP: SBZ, 1998. FOR-078.

CORSI, M.; MARTHA JR., G. B. Manejo de pastagens para produção de carne e leite. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 15., 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, SP: FEALQ, 1998. p. 55-83.

CORSI, M.; NASCIMENTO Jr., D. Princípios de fisiologia e morfologia de plantas forrageiras aplicadas no manejo das pastagens. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (Ed.). **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba, SP: FEALQ, 1994. p. 15-48.

CORSI, M. Adubação nitrogenada das pastagens. **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. 2. ed. Piracicaba, SP: FEALQ, 1994. p. 121-153.

CORSI, M. Manejo do capim-elefante sob pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 10., Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, SP: FEALQ, 1993. v. 1, p. 143-69.

CÓSER, A. C. et al. Avaliação de metodologias para a estimativa da disponibilidade de forragem em pastagem de capim-elefante. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 3, p. 589-597, 2002.

CÓSER, A. C.; TEIXEIRA, F. V. Uso do índice altura da planta x cobertura do solo e da associação dessas variáveis para a estimativa da forragem disponível em pastagem de capim-elefante. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. p. 138-138.

CÓSER, A. C.; MARTINS, C. E.; ALVIM, M. J. Altura da planta e cobertura do solo como estimadores da produção de forragem em pastagens de capim-elefante. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1996. p. 180-182.

COSTA, N. L. **Germoplasma forrageiro para a formação de pastagens**, 2007. Disponível em: <<http://www.cpafrro.embrapa.br/embrapa/bases/xaraes.htm>>. Acesso em: 28 fev. 2007.

CRUZ FILHO, A. B. et al. Produção de leite a pasto usando capim-elefante: Dados parciais de transferência de tecnologia no Norte de Minas Gerais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. **Anais ...** Fortaleza: Soc. Bras. Zoot., 1996. v.1, p. 504-506.

CUNHA, F. F. et al. Avaliação do sistema radicular do capim-tanzânia submetido a diferentes níveis de irrigação e turnos de rega. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 15, n. 2, 2007.

CUNHA, F. F. **Irrigação de *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia em ambiente protegido**. Viçosa, MG: UFV, 2005. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CUNHA, C. A. H. **Relação entre comportamento espectral, índice de área foliar e produção de matéria seca em capim-tanzânia submetido a diferentes níveis de irrigação e doses de nitrogênio**. Piracicaba, SP: ESALQ, 2004. 154 f. Tese (Doutorado).

DA SILVA, S. C. Condições edafoclimáticas para a produção de *Panicum* sp. In: SIMPOSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 12., 1995, Piracicaba, **Anais...**Piracicaba, SP: FEALQ, 1995. p. 129-146.

DANTAS NETO, J. et al. Necessidades hídricas e eficiência de uso de água pelo capim-buffel. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 2, p. 25-28, 1996.

DELGADO-ROJAS, J. S. et al. Evapotranspiração máxima do capim-tanzânia (*Panicum maximum* J.) em pastejo rotacionado, baseada na evaporação do tanque “classe A” e no índice de área foliar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 226-234, 2004.

DeLUCIA, E. H.; HECKATHORN, S. A.; DAY, T. A. Effects of soil temperature on growth, biomass allocation and resource acquisition of *Andropogon gerardii* Vitman. **New Phytologist**, New York, v. 120, n. 4, p. 543-549, 1992.

DERESZ, F. Manejo de pastagem de capim-elefante para produção de leite e carne. In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE, 2., 1994, Juiz de Fora. **Anais...** Coronel Pacheco, MG: EMBRAPA-CNPGL, 1994. p. 116-137.

DETOMINI, E. R. **Modelagem da produtividade potencial de *Brachiaria brizantha* (variedades cultivadas Marandu e Xaraés)**. Piracicaba, SP: ESALQ, 2004. 112 f. Dissertação (Mestrado).

DIAS FILHO, M. B.; CORSI, M.; CUSATO, S. Concentration, uptake and use efficiency of N, P and K in *Panicum maximum* Jacq. Cv. Tobiatã under water stress. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.7, p.1191-1197, 1992.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 179 p. (Irrigation and Drainage, 24).

DOVRAT, A.; COHEN, Y; GOLDMAN, A. **Irrigated forage production**. Amsterdam: Elsevier Science, 1993. 257 p. (Developments in Crop Science, 24).

DRUMOND, L. C. D. **Aplicação de água residuária de suinocultura por aspersão em malha: desempenho hidráulico do sistema e produção de capim-tifton 85**. Jaboticabal, SP: Universidade Estadual Paulista, 2003. 102 f. Tese (Doutorado).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rev. atual. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documento1).

EUCLIDES, V. P. B. Novidades em forrageiras para a pecuária em regiões tropicais. In: SEMINÁRIO DE PASTURAS Y SUPLEMENTACION ESTRARÉGICA EM GANADO BOVINO, 4., 2002, Asuncion. **Proceedings...** Asuncion: UNA, 2002. p. 1-12.

EUCLIDES, V. P. B. Valor alimentício de espécies forrageiras do gênero *Panicum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, SP: FEALQ, 1995. p. 245-73.

FAGUNDES, J. L.; FONSECA, D. M.; GOMIDE, J. A. et al. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Revista da Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.4, p.397-403, 2005.

FREITAS, K. R. et al. Avaliação do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) submetido a diferentes doses de nitrogênio. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 83-89, 2005.

GARGANTINI, P. E. **Irrigação e adubação nitrogenada em capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) na região Oeste do Estado de São Paulo.** Ilha Solteira, SP: UNESP, 2005. 85 f. Dissertação (Mestrado).

GERDES, L. et al. Avaliação de características agronômicas e morfológicas das gramíneas forrageiras Marandu, Setária e Tanzânia aos 35 dias de crescimento nas estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 947-954, 2000a.

GERDES, L. et al. Avaliação de características de valor nutritivo das gramíneas forrageiras Marandu, Setária e Tanzânia nas estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 955-963, 2000b.

GHELFI FILHO, H. **Efeito da irrigação sobre a produtividade do capim-elfante (*Pennisetum purpureum* Schum) variedade Napier.** Piracicaba, SP: ESALQ, 1972. 77 f. Tese (Doutorado).

GIACOMINI, A. A. et al. Crescimento de raízes dos capins Aruana e Tanzânia submetidos a duas doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1109-1120, 2005.

GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. **Forage fiber analyses: apparatus, reagents, procedures and some applications.** Washington: USDA, 1970. 20 p. (USDA. Agricultural Handbook, 379).

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; ALEXANDRINO, E. Índices morfogênicos e de crescimento durante o estabelecimento e a rebrotação do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 795-803, 2003.

GOMIDE, J. A. Manejo de pastagens para produção de leite. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FORRAGEIRA, 1., Maringá, 1994. **Anais...** Maringá, PR: EDUEM, 1994. p. 141-168.

GOMIDE, J. A. Produção de leite em regime de pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 591-613, 1993.

GREGORY, P. J. Root growth and activity. In: BOOTE, K. J.; BENNETT, J. M.; SINCLAIR, T. R.; PULSEN, G. M. (Eds.). **Physiology and determination of crop yield.** Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1994. p. 65-93.

HANKS, R. J. et al. Line source sprinkler for continuous variable irrigation crop production studies. **Soil. Sci. of Amer. Journ.**, Madison, v.40, p. 426-429, 1976.

HERREIRA, J.; JAQUINET, P.; CORONA, L. Efecto del regimen de riego sobre el rendimiento y la utilizacion del agua en tres especies de pastos tropicales. **Pastos y Forrages**, Matanzas, v.8, n.2, p. 25-45, 1985.

HOWELL, J. **Roadside bioengineering**. Kathmandu: Department of Roads, 1999. 216 p.

**IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br.2002>>. Acesso em: 5 mar. 2004.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1493-1500, 2000.

JANK, L. et al. Opções de novas cultivares de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais para Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 226, p. 26-35, 2005.

JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requeriments**. New York: ASCE, 1990. 332 p.

JORDAN, J. E. et al. Effect of irrigation frequency on turf quality, shoot density, and root lenght density of five bentgrass cultivars. **Crop Science**, Madison, v. 43, n. 1, p. 282-287, 2003.

KAFLE, G. **Effectiveness of root and foliage systems of grasses used in soil conservation**. Pokhara: Institute of Forestry Pokhara Campus, 2005. 45 f. Thesis for the Degree of Bachelor in Forestry.

KRAMER, P. J. **Water relations of plant**. Orlando: Academic Press, 1983. 489 p.

LADEIRA, N. P.; SYKES, D. J.; DAKER, A.; GOMIDE, J. A. Estudos sobre produção e irrigação dos capins Pangola, Sempre-verde, e Gordura, durante o ano de 1965. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 13, n. 74, p. 105-116, 1966.

LEÃO, T. P. et al. Intervalo hídrico ótimo na avaliação de sistemas de pastejo contínuo e rotacionado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 415-422, 2004.

LEMPP, B. et al. **Capim-massai (*Panicum maximum* cv. Massai): Alternativa para diversificação de pastagens**. Campo Grande: EMBRAPA-Gado de Corte, 2001. 9 p. (Comunicado Técnico, 69).

LOPES, R. S. et al. Efeito da irrigação e adubação na disponibilidade e composição bromatológica da massa seca de lâminas foliares de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 20-29, 2005.

LOPES, R. S. et al. Disponibilidade de matéria seca em pastagens de capim-elefante irrigadas. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1388-1394, 2003.

LOPES, R. S. et al. Avaliação de métodos para estimação da disponibilidade de forragem em pastagem de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 40-47, 2000.

LOURENÇO, L. F. **Avaliação da produção de capim-tanzânia em ambiente protegido sob disponibilidade variável de água e nitrogênio no solo**. Piracicaba, SP: ESALQ, 2004. 77 f. Dissertação (Mestrado).

MACDOWELL, R. G. **Improvement of livestock production in warm climates**. San Francisco: Freeman, 1972. 711 p.

MACEDO, M. C. M.; EUCLIDES, V. P. B.; OLIVEIRA, M. P. Seasonal changes in chemical composition of cultivated tropical grasses in the savannas of Brasil. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993, Palmerston North. **Proceedings...** Palmerston North: New Zealand Grassland Association, 1993. p. 2000-2002.

MACHADO, A. O. et al. Avaliação da composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria seca de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq. sob duas alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 1057-1063, 1998.

MALDONADO, H. et al. Efeito da irrigação na produção de matéria seca do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) em Campos dos Goytacazes, RJ. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora, MG: SBZ, 1997.

MARCELINO, K. R. A. et al. Manejo da adubação nitrogenada e de tensões hídricas sobre a produção de matéria seca e índice de área foliar de Tifton 85 cultivado no Cerrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 268-275, 2003.

MARTUSCELLO, J. A. et al. Características morfogênicas e estruturais do capim-xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1475-1482, 2005.

MELLO, A. C. L. et al. Caracterização e seleção de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) na Zona da Mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 30-42, 2002.

MISTURA, C. et al. Disponibilidade e qualidade do capim-elefante com e sem irrigação adubado com nitrogênio e potássio na estação seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n.2, p.372-379, 2006.

MOREIRA, L. M. et al. Renovação de pastagem degradada de capim-gordura com a introdução de forrageiras tropicais adubadas com nitrogênio ou em consórcios. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p. 442-453, 2005.

MULLER, M. M. L. et al. Degradação de pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1409-1418, 2001.

OLIVEIRA, P. P. A. et al. Fertilização com N e S na Recuperação de Pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Maranduem Neossolo Quartzarênico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.4, p.1121-1129, 2005.

PAGOTTO, D. S. **Comportamento do sistema radicular do capim-tanzânia (*Panicum maximum*, Jacq.) sob irrigação e submetido a diferentes intensidades de pastejo**. Piracicaba, SP: ESALQ, 2001. 51 f. Dissertação (Mestrado).

PEDREIRA, C. G. S.; TONATO, F. Bases ecofisiológicas para manejo de gramíneas do gênero *Cynodon*. In: PEREIRA, O. G.; OBEID, J. A.; NASCIMENTO Jr., D.; FONSECA, D. M. (Eds.). **Manejo estratégico da pastagem**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. p. 93-116.

PEDREIRA, J. V. S. Estudo de crescimento do capim-colômbio (*Panicum maximum* cv. Jacq.). **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 23, n. 1, p. 139-145, 1965.

PENATI, M. A. **Estudo do desempenho animal e produção do capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.) em um sistema rotacionado de pastejo sob irrigação em três níveis de resíduo pós-pastejo**. Piracicaba, SP: ESALQ, 2002. 117 f. Tese (Doutorado).

PEREIRA, R. M. A. et al. Comparison of 10 grasses for cut green fodder in the cerrado in 1965. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 13, n. 74, p. 141-153, 1966.

PINHEIRO, V. D. **Viabilidade econômica da irrigação de pastagem de capim-tanzânia em diferentes regiões do Brasil**. Piracicaba, SP: ESALQ, 2002. 85 f. Dissertação (Mestrado).

PIRES, R. C. M. et al. Necessidades hídricas das culturas e manejo da irrigação. **Irrigação**. Piracicaba, SP: FUNEP; SBEA, 2001. p. 121-194. (Série Engenharia Agrícola, 1).

**Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 135 p.

POSTEL, S. L. Water for food production: will there be enough in the 2025? **BioScience**, Washington, v. 48, n. 8, p. 629-637, 1998.

PRIMAVESI, A. M. **Manejo ecológico de pastagens em regiões tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Editora Centaurus Ltda., 1982. 184 p.

RAMOS, N.; HERRERA, R. S.; CURBELO, F. Efecto de la fertilización nitrogenada en especies y variedades de *Cynodon* en suelo ferralítico rojo típico. II. Composición química y eficiencia de utilización del N. **Revista Cubana de Ciência Agrícola**, Havana, v. 27, n. 4, p. 239-248, 1993.

REBOUÇAS, A. **Uso inteligente da água**. São Paulo: Editora Escrituras, 2004. 207 p.

REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A. **Valor nutritivo de plantas forrageiras**. Jaboticabal, 26p, 1993. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 2, n. 2, p. 173-215, 1993.

RIBEIRO, E. M. et al. Produtividade do capim-tanzânia aos níveis de água e adubação nitrogenada no Valo de Curu, CE. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 15., 2005, Teresina. **Anais...** Teresina: ABID, 2005. CD-ROM.

RICHARDS, L. A. Methods of measuring soil moisture tension. **Soil Science Of American Journal**, Baltimore, n. 68, p. 95-112, 1951.

ROCHA, O. C.; GUERRA, A. F.; AZEVEDO, H. M. de. Ajuste do modelo Christiansen-Hargreaves para estimativa da evapotranspiração do feijão no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 263-268, 2003.

RODRIGUES, B. H. N. et al. Produtividade do capim-mombaça (*Panicum maximum*) sob diferentes níveis de água e nitrogênio. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 16., 2006, Goiânia. **Anais...** Goiânia: ABID, 2006. CD ROM.

RODRIGUES, D. C. **Produção de forragem de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst. Ex A. Rich.) Stapf e modelagem de respostas produtivas em função de variáveis climáticas.** Piracicaba, SP: ESALQ, 2004. 94 f. Dissertação (Mestrado).

ROLIM, F. A. Estacionalidade de produção de forrageiras. In: **Pastagens: fundamentos da exploração racional.** Piracicaba, SP: FEALQ, 1994. p. 533-66.

SANTOS, M. V. F. et al. Produtividade e composição química de gramíneas tropicais na zona da mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 821-827, 2003.

SCHEFFER-BASSO, S. M.; SOARES, G. C.; DALL' AGNOL, M. Efeito de frequência e altura de corte em dois genótipos de *Bromus auleticus* trin, ex ness. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 8, n. 3, p. 191-194, 2002.

SHAFFER, J. A.; JUNG, G. A.; NAREM, U. R. Root and shoot characteristics of prairie grass compared to tall fescue and smooth brome grass during establishment. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 37, n. 2, p. 143-151, 1994.

SILVA, A. P. da; TORMENA, C. A.; MAZZA, J. A. Manejo físico de solos sob pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, SP: FEALQ, 1997. p. 25-37.

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

SILVA, D. D. da. **Efeito de lâminas de água e doses de nitrogênio na cultura do milho, irrigada por aspersão em linha.** Viçosa, MG: UFV, 1990. 58 f. Dissertação (Mestrado).

SOARES FILHO, C. V. **Avaliação de dez gramíneas forrageiras na região noroeste do estado de São Paulo.** Jaboticabal, SP: UNESP, 2001. 117 f. Tese (Doutorado).

SOARES, A. A.; OLIVEIRA, R. A. **Irrigação por superfície.** Brasília: ABEAS, 2001. 89 p. (Módulo 3 da série Engenharia e Manejo da Irrigação).

SÓRIA, L. G. T. et al. Resposta do capim-tanzânia a aplicação do nitrogênio e de lâminas de irrigação. I: Produção de forragem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 430-436, 2003.

SÓRIA, L. G. T. **Produtividade do capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) em função da lâmina de irrigação e de adubação nitrogenada.** Piracicaba, SP: ESALQ, 2002. 170 f. Tese (Doutorado).

STOBBS, T. H. Milk production per cow and per hectare from tropical pasture. In: SEMINARIO INTERNACIONAL DE GANADERIA TROPICAL – **Produccion de forajes**, 1976, México. Memória: Secretaria de Agricultura y Ganaderia/Banco do México S.A. (FIRE), 1976. p. 129-146.

TAGLIAFERRE, C. **Desempenho do irrigâmetro<sup>®</sup> e de dois minievaporímetros para estimativa da evapotranspiração de referência.** Viçosa, MG: UFV, 2006. 99 f. Tese (Doutorado).

TEIXEIRA, F. V.; CAMPOS, O. F.; CÓSER, A. C. Uso dos índices altura da planta e cobertura do solo e da associação dessas variáveis para a estimativa da forragem disponível em pastagem de capim-elefante. **Revista da Universidade Rural**, Seropédica, v. 22, n. 2, p. 35-43, 2003.

TESTEZLAF, R.; MATSURA, E. E.; CARDOSO, J. L. **Defendendo a irrigação agrícola.** Campinas, SP: UNICAMP. 2001. 12 p.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of the British Grassland**, v.18, p. 104-112, 1963.

UNESCO. **Água: uma crise de governança**, diz Relatório da ONU, 2006. Disponível em: <[http://www.unesco.org.br/noticias/releases/wwr/mostra\\_documento](http://www.unesco.org.br/noticias/releases/wwr/mostra_documento)>. Acesso em: 10 Jul. 2006.

VALLE, C. B.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S.; CANÇADO, L. J. **O papel da biotecnologia de forrageiras para a produção animal**, 2007. Disponível em: <<http://www.fca.unesp.br/nutrir/artigos/pastagem/papelbiotecforrageiras>>. Acesso em: 19 mar. 2007.

VALLE, C. B.; EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M. Características das plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 17., 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, SP: FEALQ, 2000. p. 65-118.

VALLENTINE, J. F. **Grazing management.** San Diego: Academic Press, 1990. 553 p.

VÁSQUEZ, R. Effects of irrigation and nitrogen levels on the yields of Guinea grass, Para grass, and Guinea Grass-kudzu and Para grass-kudzu mixtures in Lajas Valley. **The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, v. 49, n. 4, p. 389-412, 1965.

VEIGA, J. B.; QUANZ, D.; CRUZ, E. D. Avaliação de forrageiras em estabelecimentos rurais de Uruará-PA, na fronteira agrícola da Amazônia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora, MG: SBZ, 1997. p. 24-26.

VICENTE-CHANDLER, J. Intensive grassland management in Puerto Rico. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 2, n. 2, p. 173-215, 1973.

VILELA, L. et al. Produtividade do capim-marandu (*Brachiaria brizantha*) sob irrigação e adubação nitrogenada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, MS: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004a. CD-ROM.

VILELA, L. et al. Produtividade do capim-tifton (*Cynodon spp.*) sob irrigação e adubação nitrogenada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, MS: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004b. CD-ROM.

VILELA, D. et al. Potencial produtivo de gramíneas tropicais sob diferentes níveis de nitrogênio e irrigação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, MS: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004c. CD-ROM.

VILELA, D.; ALVIM, M. J. Produção de leite em pastagem de *Cynodon dactylon* (L.) Pers, cv. "coast-cross". In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL FORRAGEIRO DO GÊNERO CYNODON, 1996, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora, MG: EMBRAPA-CNPGL, 1996. p. 77-93.

VITOR, C. M. T. **Adubação nitrogenada e lâmina de água no crescimento do capim-elefante**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 77 f. Tese (Doutorado).

VOLAIRE, F.; THOMAS, H.; LELIEVRE, F. Survival and recovery of perennial forage grasses under prolonged Mediterranean drought. **New Phytology**, Cambridge, v. 140, n. 3, p. 439-449, 1998.

WILSON, J. R. Environmental and nutritional factors affecting herbage quality. In: HACKER, J. B. (Ed.). **Nutritional limits to animal production from pasture**. Farnham: CAB, 1982. p. 111-131.

XAVIER, D. F. et al. Efeito do manejo pós-plantio no estabelecimento de pastagem de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 1200-1203, 2001.

## **ANEXOS**

## ANEXOS

ANEXO A – Resumo da análise de variância da matéria seca, porcentagem de matéria seca (PMS), matéria verde (MV), cobertura do solo (C) e altura de planta (A) sob condições de pastejo (Experimento 1)

119

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio				
		MS	PMS	MV	C	A
Gramínea	5	7,96E+06 <sup>NS</sup>	2,72E+02**	4,79E+08**	5,64E+03**	1,43E+04**
Resíduo (a)	6	1,95E+06	7,29E+00	4,53E+07	2,16E+01	1,71E+02
Lâmina	5	3,01E+06**	5,55E+00**	2,75E+07*	3,93E+02**	2,41E+01 <sup>NS</sup>
Lâmina x Gramínea	25	5,42E+05 <sup>NS</sup>	5,57E-01 <sup>NS</sup>	8,06E+06 <sup>NS</sup>	1,40E+01**	1,46E+01 <sup>NS</sup>
Resíduo (b)	30	3,23E+05	5,75E-01	8,35E+06	5,65E+00	1,07E+01
Estação	1	9,72E+07**	5,89E+01**	3,22E+09**	1,37E+02**	1,07E+04**
Estação x Gramínea	5	1,85E+05 <sup>NS</sup>	6,26E+00**	5,09E+06 <sup>NS</sup>	1,84E+01**	4,63E+02**
Estação x Lâmina	5	3,67E+06**	2,07E+01**	1,64E+08**	1,23E+01*	1,14E+02**
Estação x Gramínea x Lâmina	25	4,54E+05 <sup>NS</sup>	8,62E-01 <sup>NS</sup>	9,98E+06 <sup>NS</sup>	4,08E+00 <sup>NS</sup>	8,74E+00 <sup>NS</sup>
Resíduo (c)	36	3,44E+05	8,00E-01	6,79E+06	3,74E+00	7,70E+00
CV (%) Parcela		23,56	11,10	26,23	9,71	22,88
CV (%) Subparcela		9,59	3,12	11,25	4,97	5,74
CV (%) Subsubparcela		9,88	3,68	10,15	4,04	4,86

\*\* F significativo a 1% de probabilidade.

\* F significativo a 5% de probabilidade.

<sup>NS</sup> F não-significativo a 5% de probabilidade.

ANEXO B – Resumo da análise de variância da proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS)

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio		
		PB	FDN	DIVMS
Gramínea	5	9,88E+00**	7,33E+01**	6,25E+01**
Resíduo (a)	18	1,82E+00	7,16E+00	9,00E+00
Estação	1	1,96E+01**	6,18E+01*	1,34E+02**
Estação x Gramínea	5	3,47E+00 <sup>NS</sup>	7,89E-01 <sup>NS</sup>	1,40E+01 <sup>NS</sup>
Resíduo (b)	18	1,58E+00	7,90E+00	7,99E+00
Total	47			
CV (%) Parcela		12,50	3,86	5,01
CV (%) Subparcela		11,64	4,05	4,73

\*\* F significativo a 1% de probabilidade.

\* F significativo a 5% de probabilidade.

<sup>NS</sup> F não-significativo a 5% de probabilidade.

ANEXO C – Resumo da análise de variância da densidade (DR) e profundidade efetiva (PE) das raízes sob condições de pastejo (Experimento 1)

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	
		DR	PE
Gramínea	5	7,47E-01**	8,14E+02 <sup>NS</sup>
Resíduo (a)	6	4,41E-02	2,53E+02
Lâmina	2	7,57E-01**	2,20E+02 <sup>NS</sup>
Lâmina x Gramínea	10	3,14E-01**	1,86E+02 <sup>NS</sup>
Resíduo (b)	12	5,83E-02	1,63E+02
CV (%) Parcela		25,76	30,39
CV (%) Subparcela		29,65	24,41

\*\* F significativo a 1% de probabilidade

\* F significativo a 5% de probabilidade

<sup>NS</sup> F não-significativo a 5% de probabilidade

ANEXO D – Resumo da análise de variância da matéria seca (Experimento 2)

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio
Bloco	3	4,78E+07**
Gramínea	5	1,49E+07**
Nitrogênio	3	1,27E+06 <sup>NS</sup>
Nitrogênio x Gramínea	15	5,93E+05 <sup>NS</sup>
Resíduo (a)	69	7,45E+05
Estação	1	3,55E+08**
Estação x Gramínea	5	5,66E+05 <sup>NS</sup>
Estação x Nitrogênio	3	1,77E+05 <sup>NS</sup>
Estação x Gramínea x Nitrogênio	15	5,06E+05 <sup>NS</sup>
Resíduo (b)	72	4,60E+05
CV (%) Parcela		13,11
CV (%) Subparcela		10,31

\*\* F significativo a 1% de probabilidade.

\* F significativo a 5% de probabilidade.

<sup>NS</sup> F não-significativo a 5% de probabilidade.