

UFRRJ

INSTITUTO DE AGRONOMIA

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

TESE

**Morfologia Radicular de Quatro Gramíneas
Forrageiras e sua Relação com a Aquisição de
Nutrientes e Produção de Fitomassa.**

Sergio Trabali Camargo Filho

2007



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

MORFOLOGIA RADICULAR DE QUATRO GRAMÍNEAS
FORRAGEIRAS E SUA RELAÇÃO COM A AQUISIÇÃO DE
NUTRIENTES E PRODUÇÃO DE FITOMASSA.

SERGIO TRABALI CAMARGO FILHO

Sob a Orientação do professor
Roberto Oscar Pereyra Rossiello

e Co-orientação do professor
Everaldo Zonta

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

Seropédica, RJ
Dezembro de 2007

633.202

C744m

T

Camargo Filho, Sergio Trabali, 1962-
Morfologia radicular de quatro gramíneas
forrageiras e sua relação com a aquisição de
nutrientes e produção de fitomassa / Sergio Trabali
Camargo Filho – 2007.
99f. : il.

Orientador: Roberto Oscar Pereyra
Rossiello.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia.

Bibliografia: f. 71-81.

1. Gramínea – Raiz – Crescimento - Teses.
2. Gramínea – Nutrição – Teses. 3. Raízes
(Botânica) - Teses. 4. Nitrogênio na agricultura -
Teses. I. Rossiello, Roberto Oscar Pereyra, 1948- .
II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
Instituto de Agronomia. III. Título.

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

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

SERGIO TRABALI CAMARGO FILHO

Tese submetida ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Ciência do Solo.

TESE APROVADA EM, 18/12/2007

Roberto Oscar Pereyra Rossiello. Dr. IA/UFRRJ

Carlos Augusto Brandão de Carvalho. Dr. APTA

Domingos Sávio de Campos Paciullo. Dr. Embrapa-CNPGL

João Carlos de Carvalho Almeida. Dr. IZ/UFRRJ

Paulo Francisco Dias. Dr. Pesagro-Rio/EES

DEDICATÓRIA

À minha amada esposa Ana Lúcia;
Aos meus queridos filhos Sergio Neto e Isabel;
Aos meus amados pais Sergio e Clara;
Aos meus queridos irmãos Paulo, Alice e Mauro;

Que pela grandiosidade de suas almas aceitaram os momentos em que me ausentei de suas presenças.

E pelas palavras de incentivo e perseverança, que contribuíram grandemente para realização deste curso.

Sem seus apoios, a concretização desta etapa de minha vida, seria muito mais árdua.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela renovação das minhas forças e por ter me abençoado maravilhosamente.

A todos que, por lapso de memória, lamento me ter esquecido de agradecer.

À Pesagro-Rio, quero expressar minha gratidão, pela liberação para realização deste curso de Doutorado.

À UFRRJ e ao CPGA-CS, pela oportunidade oferecida para a realização do curso de Doutorado.

Ao pessoal da secretaria do CPGA-CS, Roberto Alves Barbosa, Maria Luciene de Oliveira Lucas e Marcos Cruz, pela simpatia no atendimento e consideração nas solicitações.

Aos meus colegas da Estação Experimental de Seropédica da Pesagro-Rio, pelo apoio para a conclusão deste Doutorado.

Ao Dr. Everaldo Zonta, pela acolhida e confiança em me co-orientar, ação importante para a realização do curso.

Aos Profs. Eduardo Lima, Mânlio S. Fernandes, Alexandre Ravelli, Gabriel A. Santos, Marcos B. Ceddia, Adelson P. Araújo, Nelson Mazur, Ricardo L. L. Berbara, Marcos G. Pereira e Lúcia H. C. Anjos pelos ensinamentos, orientação e convívio ao longo dessa jornada.

Aos funcionários da PESAGRO-RIO, Estação Experimental de Seropédica, Srs. Sebastião dos S. Gonçalves, Célio José da Rocha, Geralcino R. Santos Neto, Carlos M. Ribeiro, Adarley Teixeira, Wilson F. da Silva, que, com seu suor, possibilitaram a realização deste trabalho, abrindo trincheiras e recolhendo amostras.

Aos vários estagiários, alunos do CTUR, pela paciência na lavagem, separação e digitalização das raízes.

Aos meus estagiários Viviane Aparecida Carli Costa e Vladimir da Silva Lemos, pelos trabalhos realizados nos finais de semana e após o horário de expediente.

Ao Bolsista da FAPERJ ,que se tornou grande amigo, Carlos Ligarreta Gonçalves, pela responsabilidade e acompanhamento de todas as fases de campo e laboratoriais.

Ao amigo e mentor Sylvio Romero de Carvalho, por ter desviado minha “vocação”, a nutrição de ruminantes, e ter iniciado minha trilha na área de “Manejo sustentado de pastagem”.

Ao Prof. Dr. Roberto Oscar Pereyra Rossiello, a quem sempre serei grato e de quem me tornei amigo, pela oportunidade oferecida, orientação, amizade e paciência na elaboração deste trabalho.

BIOGRAFIA

Nascido em São Paulo-SP, em 1962, Sergio Trabali Camargo Filho, por ser filho de oficial aviador da Força Aérea Brasileira e, em função de suas constantes mudanças de domicílio, teve a sua formação básica realizada predominantemente em escolas militares situadas em várias regiões do Brasil. Em 1981, ingressou na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), onde cursou Zootecnia. Ao concluir o curso, em 1984, fazia estágio na Pesagro-Rio/EES, sendo admitido como pesquisador nessa empresa em 1986, nela permanecendo até os dias atuais. Sempre interessado nas pesquisas de sua área de atuação, vem participando de muitos encontros científicos, dentre os quais os da Sociedade Brasileira de Zootecnia, em que normalmente apresenta trabalhos. Em sua trajetória acadêmica destacam-se os cursos de especialização *latu sensu* em Nutrição de Ruminantes e o Mestrado em Zootecnia, concluídos em 1996 e 1999, respectivamente, na UFRRJ. Nos últimos anos, atuou em projetos de pesquisa participativa (pesquisa e extensão) como o Pronaf (1998-1999) e o Radema (2001-2004), desenvolvidos nas regiões norte e noroeste fluminense. Em 2005, iniciou o Doutorado em Agronomia, área de concentração Ciência do Solo, na UFRRJ.

RESUMO

CAMARGO FILHO, Sergio Trabali. **Morfologia radicular de quatro gramíneas forrageiras e sua relação com a aquisição de nutrientes e produção de fitomassa.** 2007. 99f. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2007.

As condições ambientais de luz, temperatura, disponibilidade hídrica e de nutrientes, junto com o pastejo, são os principais moduladores do crescimento e fenologia das espécies forrageiras. Os efeitos climáticos imprimem dinâmicas específicas ao ecossistema pastoril, que são geralmente referidas como “sazonalidade das pastagens”. O presente trabalho foi realizado em uma área de solo Planossolo, localizada no município de Seropédica, RJ. O propósito foi o de determinar a influência dos fatores climáticos e genotípicos na expressão de características produtivas; assim como na partição de carbono e nutrientes entre as porções aéreas e subterrâneas das gramíneas perenes *Cynodon nlemfuensis* (capim-Estrela Porto Rico); *Cynodon* spp (capim-Tifton-85); *Digitaria swazilandensis* (capim-suázi) e *Digitaria decumbens* cv. Transvala (capim-Transvala). Foram formuladas duas hipóteses para orientar o trabalho: i) nos períodos mais secos do ano, os capins alocam mais carbono e nutrientes nas raízes do que na parte aérea; ii) os capins possuem maior ou menor plasticidade para responder às oscilações climáticas sazonais e à desfolha periódicas, evidenciando capacidades adaptativas diferenciais. Para verificar essas possibilidades, usou-se uma estratégia experimental simples, onde, a partir do corte de uniformização, foram avaliados oito períodos de crescimento, entre 26/03/02 e 14/01/03, a intervalos de 42 dias, com amostragens de fitomassa de parte aérea e radicular. Após processamento das amostras, foram determinadas a massa verde e massa seca da parte aérea (kg ha^{-1}). No sistema radicular, foram determinados o acúmulo e a distribuição da massa seca, além do comprimento e área superficial das raízes até a profundidade de 1,0 m, pela extração seqüencial de monólitos ($1,0 \text{ dm}^3$) a partir da parede de uma trincheira de solo. Em sub-amostras secas e moídas de parte aérea e raízes foram determinados os teores de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio (g kg^{-1}). Os resultados obtidos permitiram observar que: independentemente do capim, a relação raiz: parte aérea oscilou sazonalmente, tendo maiores valores nos meses mais secos do ano e menores nos meses de maior pluviosidade; os capins variaram as suas respostas, evidenciando a existência de plasticidade fenotípica para atributos produtivos (acúmulos de forragem e massa radicular) e adaptativos (comprimento específico e área radicular), tendo o capim-Tifton-85 se sobressaído pelo nível de produtividade e estabilidade; a magnitude das diferenças entre os capins foi controlada pela disponibilidade de água, sendo amplificada nos períodos de maior pluviosidade e reduzida nos períodos mais secos. A concentração de nutrientes, tanto da fitomassa aérea como da fitomassa radicular, tiveram respostas variadas de acordo com o nutriente, mas, de um modo geral, as *Digitaria* concentraram mais nutrientes que os *Cynodon*, observação que também foi válida para a qualidade da fibra. Já, os *Cynodon* acumularam mais nutrientes que as *Digitaria* por unidade de área. Para as relações das concentrações e acúmulos de nutrientes raízes: parte aérea teve poucos efeitos para os capins e, em geral no período seco foram superiores aos dos períodos chuvosos. Por fim, cada capim estabeleceu sua própria dinâmica nas relações solo-planta-atmosfera, evidenciando mais uma vez as diferentes respostas adaptativas destas gramíneas forrageiras.

Palavras chave: Acúmulo de nutrientes; Área superficial de raízes; Comprimento radicular; Concentração de nutrientes; Produção de massa seca total; Relação raiz: parte aérea.

ABSTRACT

CAMARGO FILHO, Sergio Trabali. **Root morphology of four grasses and relationship to acquisition of nutrients and fitomass production.** 2007. 99f. Thesis (Ph.D. in Agronomy, Soil Science). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2007.

The environmental conditions of light, temperature and water availability, along with grazing, are major factors establishing growth and phenology of forage species. The climatic effects imprint dynamics specific to pasture ecosystems, which are generally referred as "seasonality of the pasture." This study was set in an area of Fragiudult soil, located in Seropédica municipality, Rio de Janeiro State, Brazil. The experiment began with a cut to make uniform the pasture at the height of 0.05 m, in February 2002. The aim was to determine the influence of climatic and genotypes factors in the expression of features of production, also the partition of carbon and nutrients in the aerial and ground parts of the perennial grasses *Cynodon nlemfuensis* (stargrass Puerto Rico); *Cynodon* spp (Tifton-85 grass); *Digitaria swazilandensis* (swazi grass) and *Digitaria decumbens* cv. Transvala (Transvala grass). Two hypotheses were formulated to guide the study: i) in the drier periods of the year, the fodder allocate more carbon and nutrients in roots than in the aerial parts of the plants; ii) the species have more or less plasticity to respond to seasonal climatic fluctuations, and periodic defoliation, evidencing differential adaptive capabilities. To check these possibilities, it was used a simple strategy trial, where, from the cut for uniformity, there were evaluated eight periods, between 03/26/02 and 01/14/03, at intervals of 42 days, sampling material of aerial and root fitomass. After processing the samples, the fresh and air dry mass were determined (kg ha^{-1}). In the root system, the accumulation and distribution of dry weight, and the length and surface area of roots to the depth of 1.0 m were determined, by sequential extraction of monoliths (1.0 dm^3) from the wall of a soil trench. In sub-samples of dried and grinded aerial parts and roots, the levels of nitrogen, phosphorus, calcium and magnesium (g kg^{-1}) were quantified. The results showed that: regardless of forage species, the root:shoot ratio (based on dry fitomass in standing fluctuated seasonally, with higher values in the dryer months of the year, and smaller in the months of highest rainfall; the species varied in their responses, evidencing the existence of phenotypic plasticity for attributes of production (accumulation of forage and root mass) and adaptive (length and specific root area), with the Tifton-85 grass outstanding by the level of productivity and stability; the magnitude of the differences between the species was controlled by the water availability, and it was amplified in the periods of increased rainfall and reduced in driest periods. The concentration of nutrients, in aerial and root biomass, responses were varied according to the nutrient, but, in general, the more nutrient concentrated in *Digitaria* that *Cynodon*, observation which was also valid for the quality of fiber. Already, the *Cynodon* accumulated more nutrients that *Digitaria* per unit area. For the relations of concentrations and accumulation of nutrients roots: shoot had little effect on the grasses and a rule, during dried periods was higher than those of rainfall period. Finally, each grass has its own dynamic in relations soil-plant-atmosphere, showing once again the different adaptive responses of these grasses.

Key words: Nutrient accumulation; Nutrient concentration; Root length; Root: shoot relationship; Root superficial area; Total fitomass production.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Stand da parcela de capim-Estrela Porto Rico em 26/03/02.	9
Figura 2. Stand da parcela de capim-Tifton-85 em 26/03/02.	10
Figura 3. Stand da parcela de capim-suázi em 26/03/02.....	10
Figura 4. Stand da parcela de capim-Transvala em 26/03/02.....	11
Figura 5. Croqui da área experimental.	16
Figura 6. Precipitação pluviométrica média mensal registrada na Estação Ecologia, durante o período 1960-1996 (Martorano et al., 1997).....	23
Figura 7. Algumas características climáticas de ocorrência local experimental entre 12/02/02 e 14/01/03, em função de períodos de amostragem. A: precipitação total; B: número de dias sem chuva; C: precipitação máxima em 24 horas e D: duração máxima de período seco.	24
Figura 8. Produção de massa fresca de forragem dos capins Estrela Porto Rico (EPR); Tifton-85 (T85); suázi (SU) e Transvala (TV), durante 336 dias, de fevereiro de 2002 a janeiro de 2003.	26
Figura 9. Produção de massa seca de forragem ($t\ ha^{-1}$) dos capins Estrela Porto Rico (EPR); Tifton-85 (T85); suázi (SU) e Transvala (TV), durante 336 dias, de fevereiro de 2002 a janeiro de 2003.	28
Figura 10. Fitomassa radicular ($g\ m^{-2}$) de plantas forrageiras submetidas a cortes, durante oito períodos.	30
Figura 11. Produção de fitomassa radicular (MSR, $g\ dm^{-3}$) de quatro forrageiras em quatro períodos. A = período 1; e B = período 3; C = período 4; e D = período 6.	31
Figura 12. Produção de fitomassa radicular (MSR, $g\ dm^{-3}$) de quatro forrageiras em dois períodos chuvosos. A = período 7; e B = período 8.	32
Figura 13. Distribuição fracional os capins Transvala e Tifton-85 em dois períodos. A = estação seca (período 6), e B = estação chuvosa (período 8).	34
Figura 14. Fitomassa total média de oito períodos dos capins Estrela Porto Rico (EPR), Tifton-85 (T85), suázi (SU) e Transvala (TV).	35
Figura 15. Fitomassa total média de quatro gramíneas em oito períodos.	35
Figura 16. Relação média (oito períodos) da massa seca radicular (MSR): massa seca parte aérea (MSPA), dos capins Estrela Porto Rico (EPR), Tifton-85 (T85), suázi (SU) e Transvala (TV).	37
Figura 17. Relação entre a massa seca radicular: massa seca parte aérea, dos oito períodos (média de quatro forrageiras).	38
Figura 18. Concentração de nitrogênio (N) na fitomassa aérea dos capins Estrela Porto Rico (EPR); Tifton-85 (T85); suázi (SU) e Transvala (TV) (média de oito períodos).....	44
Figura 19. Concentração de nitrogênio (N) na fitomassa aérea por período (média de quatro capins).	44
Figura 20. Acúmulo de nitrogênio (N) na massa seca da parte aérea dos capins Estrela Porto Rico (EPR); Tifton-85 (T85); suázi (SU) e Transvala (TV) (média de oito períodos).	46
Figura 21. Acúmulo de nitrogênio (N) na massa seca da parte aérea por período (média de quatro espécies).	46

Figura 22. Concentração média de nitrogênio (g kg^{-1}) nas raízes dos capins Estrela Porto Rico (EPR); Tifton-85 (T85); suázi (SU) e Transvala (TV) (média de oito períodos).....	48
Figura 23. Concentração média de nitrogênio (g kg^{-1}) nas raízes, de oito períodos (média de quatro espécies).	48
Figura 24. Relação da concentração de média de nitrogênio das raízes e da parte aérea por período (média de quatro capins).	50
Figura 25. Relação do acúmulo médio de nitrogênio das raízes: parte aérea dos capins Estrela Porto Rico (EPR); Tifton-85 (T85); suázi (SU) e Transvala (TV) (média de oito períodos).....	51
Figura 26. Relação do acúmulo médio de nitrogênio das raízes: parte aérea por período (média de quatro capins).	51
Figura 27. Concentração de fósforo na parte aérea dos capins Estrela Porto Rico (EPR); Tifton-85 (T85); suázi (SU) e Transvala (TV) (média de oito períodos).	52
Figura 28. Concentração de fósforo (g kg^{-1}) na parte aérea em oito períodos (média de quatro forrageiras).	53
Figura 29. Acúmulo de P ($\text{kg ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$) na forragem em função dos períodos de corte (média de quatro capins).	53
Figura 30. Concentração de fósforo nas raízes, dos capins Estrela Porto Rico (EPR); Tifton-85 (T85); suázi (SU) e Transvala (TV) (média de oito períodos).	54
Figura 31. Concentração de fósforo nas raízes, em função dos períodos (média de quatro espécies).	55
Figura 32. Acúmulo de fósforo (P) ($\text{kg ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$) nas raízes em oito períodos (média de quatro capins).	55
Figura 33. Acúmulo relativo médio de fósforo no sistema radicular: parte aérea por períodos.	56
Figura 34. Concentração de cálcio (g kg^{-1}) na parte aérea dos capins Estrela Porto Rico (EPR); Tifton-85 (T85); suázi (SU) e Transvala (TV) (média de oito períodos).....	57
Figura 35. Acúmulo de cálcio (g kg^{-1}) na parte aérea em oito períodos (média de quatro capins).	58
Figura 36. Acúmulo de cálcio (kg ha^{-1}) dos capins Estrela Porto Rico (EPR); Tifton-85 (T85); suázi (SU) e Transvala (TV) (média de oito períodos).	58
Figura 37. Acúmulo de cálcio na forragem em função dos períodos de corte (média de quatro forrageiras).	59
Figura 38. Concentração de cálcio (g kg^{-1}) nas raízes dos capins Estrela Porto Rico (EPR); Tifton-85 (T85); suázi (SU) e Transvala (TV) (média de oito períodos).	59
Figura 39. Concentração de cálcio (g kg^{-1}) nas raízes em função dos períodos (média de quatro espécies).	60
Figura 40. Estoque de cálcio (g kg^{-1}) nas raízes em função dos períodos (média de quatro espécies).	60
Figura 41. Concentração relativa de cálcio no sistema radicular: parte aérea por capim.	61
Figura 42. Concentração relativa de cálcio no sistema radicular: parte aérea por períodos. ..	61
Figura 43. Concentração relativa de cálcio no sistema radicular: parte aérea por períodos (média de quatro capins).	62
Figura 44. Concentração de magnésio (g kg^{-1}) na forragem em função dos períodos de corte (média de quatro espécies).	63

Figura 45. Acúmulo de magnésio (g kg^{-1}) na forragem em função dos períodos de corte (média de quatro espécies).....	63
Figura 46. Concentração de magnésio (gMg kgMSR^{-1}) nas raízes dos capins Estrela Porto Rico (EPR); Tifton-85 (T85); suázi (SU) e Transvala (TV) (média de oito períodos).	64
Figura 47. Concentração de magnésio (g kg^{-1}) radicular, em função dos períodos de corte (média de quatro espécies).....	65
Figura 48. Estoque de magnésio (kg ha^{-1}) radicular em função dos períodos de corte (média de quatro espécies).....	65
Figura 49. Acúmulo relativo de magnésio no sistema radicular: parte aérea por períodos (média de quatro espécies).....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados de experimentos que avaliaram produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) de gramíneas forrageiras, dos gêneros <i>Cynodon</i> e <i>Digitaria</i>	12
Tabela 2. Resultados de experimentos que avaliaram a concentração e acúmulo de nitrogênio na parte aérea de gramíneas forrageiras, dos gêneros <i>Cynodon</i> e <i>Digitaria</i>	13
Tabela 3. Algumas propriedades químicas e físicas de horizontes selecionados de solo situado em local adjacente à área experimental. ⁽¹⁾	14
Tabela 4. Períodos de crescimento, datas de amostragem e condição climática predominante dentro do período.	17
Tabela 5. Produção de massa fresca de forragem (g m^{-2} corte ⁻¹) dos capins Estrela Porto Rico (EPR); Tifton-85 (T85); suázi (SU) e Transvala (TV).	26
Tabela 6. Produção de massa seca de forragem (g m^{-2} corte ⁻¹) dos capins Estrela Porto Rico, Tifton-85, suázi e Transvala.	27
Tabela 7. Fitomassa seca radicular, à profundidade 1 m, dos capins Estrela Porto Rico (EPR), Tifton-85 (T85), suázi (SU) e Transvala (TV), em oito períodos de rebrota.	29
Tabela 8. Resultados de experimentos que avaliaram produção de matéria seca radicular (MSR).	33
Tabela 9. Relação de massa radicular: massa parte aérea, dos capins Estrela Porto Rico (EPR), Tifton-85 (T85), suázi (SU) e Transvala (TV), em oito períodos.	36
Tabela 10. Comprimento radicular ($\text{m} \cdot 10\text{dm}^{-3}$ de solo), da superfície do solo até a profundidade de 1 m, dos capins Estrela Porto Rico (EPR), Tifton-85 (T85), suázi (SU) e Transvala (TV), em oito períodos de 42 dias.	38
Tabela 11. Comprimento radicular (CR) cumulativo, nos períodos de seca e chuva.	39
Tabela 12. Comprimento radicular (m dm^{-3} de solo), nos períodos de máxima e mínima produção de matéria seca radicular.	39
Tabela 13. Comprimento radicular específico da camada superficial (0-0,1 m) dos capins Estrela Porto Rico (EPR), Tifton-85 (T85), suázi (SU) e Transvala (TV) em oito períodos.	40
Tabela 14. Área superficial planar da camada superficial (0-0,1 m) dos capins Estrela Porto Rico (EPR), Tifton-85 (T85), suázi (SU) e Transvala (TV), em oito períodos de avaliação.	41
Tabela 15. Área superficial planar específica dos capins Estrela Porto Rico (EPR), Tifton-85 (T85), suázi (SU) e Transvala (TV), em oito períodos.	42
Tabela 16. Concentração (g kg^{-1}) de nitrogênio na fitomassa de parte aérea dos capins Estrela Porto Rico (EPR), Tifton-85 (T85), suázi (SU) e Transvala (TV).	43
Tabela 17. Acúmulo de nitrogênio (kg ha^{-1} corte ⁻¹) dos capins Estrela Porto Rico (EPR), Tifton-85 (T85), suázi (SU) e Transvala (TV).	45
Tabela 18. Concentração de nitrogênio (g kgMS^{-1}) radicular nos capins Estrela Porto Rico (EPR), Tifton-85 (T85), suázi (SU) e Transvala (TV) durante oito períodos.	47
Tabela 19. Estoque de nitrogênio radicular dos capins Estrela Porto Rico, Tifton-85, suázi e Transvala em oito períodos.	49
Tabela 20. Relação entre o N contido na massa seca radicular (MSR): massa seca da parte aérea (MSPA) de quatro forrageiras em oito períodos.	49

Tabela 21. Concentração de cálcio na massa seca da parte aérea de quatro gramíneas forrageiras, no período de 12/02/02 a 14/01/03.	57
Tabela 22. Concentrações de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (Lig) da MSPA de quatro gramíneas forrageiras, no período de 12/02/02 a 14/01/03.	67
Tabela 23. Características físicas e químicas do horizonte Ap do solo cultivado com quatro gramíneas forrageiras, em duas épocas de amostragem.	68
Tabela 24. Características físicas e químicas do horizonte Bt do solo cultivado com quatro gramíneas forrageiras, em duas épocas de amostragem.	82
Tabela 25. ANOVA da matéria fresca da parte aérea de quatro gramíneas forrageiras.	83
Tabela 26. ANOVA da matéria seca da parte aérea de quatro gramíneas forrageiras.	83
Tabela 27. ANOVA da matéria seca radicular de quatro gramíneas forrageiras.	83
Tabela 28. ANOVA da matéria seca total de quatro gramíneas forrageiras.	83
Tabela 29. ANOVA do comprimento radicular de quatro gramíneas forrageiras.	84
Tabela 30. ANOVA do comprimento radicular específico de quatro gramíneas forrageiras.	84
Tabela 31. ANOVA da área superficial planar de quatro gramíneas forrageiras.	84
Tabela 32. ANOVA da concentração de nutrientes: nitrogênio, cálcio, magnésio e fósforo na matéria seca da parte aérea de quatro gramíneas forrageiras.	85
Tabela 33. ANOVA do acúmulo de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio na matéria seca da parte aérea de quatro gramíneas forrageiras.	86
Tabela 34. ANOVA da concentração de nutrientes: nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio na matéria seca radicular de quatro gramíneas forrageiras.	87
Tabela 35. ANOVA do acúmulo de nutrientes: nitrogênio, cálcio, magnésio e fósforo na matéria seca radicular de quatro gramíneas forrageiras.	88
Tabela 36. ANOVA da relação da concentração de nitrogênio, cálcio, magnésio e fósforo, contido na matéria seca radicular: massa seca da parte aérea de quatro gramíneas forrageiras.	89
Tabela 37. ANOVA da relação do acúmulo de nitrogênio, cálcio, magnésio e fósforo, contido na matéria seca radicular: massa seca da parte aérea de quatro gramíneas forrageiras.	90
Tabela 38. Umidade relativa, temperatura e precipitação pluviométrica coletadas pela Estação Ecologia Agrícola, no período de 12/02/02 a 14/01/03.	91

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

AR	Área radicular
ASE	Área superficial planar específica
ASR	Área superficial planar radicular
CR	Comprimento de raízes
CRE	Comprimento radicular específico
EPR	Capim-Estrela Porto Rico
MFPA	Matéria fresca da parte aérea
MSPA	Matéria seca da parte aérea
MSR	Matéria seca de raízes
SU	Capim-suázi
T85	Capim-Tifton-85
TV	Capim-Transvala

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1	Os Ecossistemas Pastoris.....	4
2.2	Plasticidade Fenotípica e Alocação de Recursos.....	4
2.3	O Equilíbrio Funcional: Relação Raiz: Parte Aérea	5
2.4	Ciclagem de Carbono e a Partição de Fitomassa entre Raízes e Parte Aérea.	6
2.5	Sistemas Radiculares e a Absorção de Nutrientes	7
2.6	Características dos Capins Estudados	8
2.6.1	<i>Cynodon nlemfuensis</i>	9
2.6.2	<i>Cynodon</i> spp	9
2.6.3	<i>Digitaria swazilandensis</i>	10
2.6.4	<i>Digitaria decumbens</i> c.v Transvala	11
2.6.5	Avaliação da produção de massa seca de forragem dos gêneros estudados... 11	
2.6.6	Avaliação da concentração e acúmulo de nitrogênio na massa seca de forragem dos gêneros estudados	12
3.	MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1	Localização da Área Experimental	14
3.2	Características Edafoclimáticas	14
3.3	Histórico	15
3.4	Instalação do Experimento	15
3.5	Fertilização	16
3.6	Delineamento Experimental	16
3.7	Variáveis Estudadas	17
3.7.1	Parte aérea.....	17
3.7.2	Raízes	18
3.8	Procedimentos Experimentais	18
3.8.1	Massa seca da parte aérea.	18
3.8.2	Teor de nutrientes da parte aérea.	19
3.8.3	Teores de fibra e lignina da parte aérea.....	19
3.8.4	Procedimentos para estudo do sistema radicular.	19
3.8.5	Teores de nutrientes nas raízes.	21
3.8.6	Outras determinações	21
3.9	Análises Estatísticas	21
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1	Condições Climáticas.....	23
4.2	Produção de Fitomassa da Parte Aérea.	25
4.2.1	Massa fresca.....	25
4.2.2	Massa seca	26
4.3	Fitomassa Radicular: Acúmulo por Unidade de Superfície e Distribuição no Perfil.	29
4.4	Fitomassa total.	34
4.5	Relação raiz: parte aérea.....	36
4.6	Comprimento, Área Superficial Planar, Comprimento Específico e Área Superficial Planar Específica das Raízes.....	38

4.7	Concentração e Acúmulo de Nutrientes.....	42
4.7.1	Nitrogênio.....	43
4.7.2	Fósforo.....	52
4.7.3	Cálcio.....	56
4.7.4	Magnésio.....	62
4.8	Avaliação Bromatológica da MSPA (FDN, FDA e lignina).....	66
4.9	Propriedades Físicas e Químicas do Solo.....	68
5.	CONCLUSÕES.....	70
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
7.	ANEXOS	82

1. INTRODUÇÃO

As pastagens ocupam aproximadamente 36% da superfície terrestre, compreendendo a soma das áreas cobertas por florestas, mais as áreas de cultivos anuais (Lemaire, 2007). Constituem ecossistemas bastante complexos e dinâmicos, onde a vegetação dominante é composta por espécies herbáceas, principalmente espécies da família Poaceae (ou Gramineae), nativas ou exóticas. Do ponto de vista funcional, o ecossistema de pastagens é caracterizado pelos seus fluxos distintos de energia e matéria, circulando entre os seus diversos compartimentos, centrados na população das plantas forrageiras.

Em escala mundial, regional ou local, os estudos sobre pastagens focalizam-se, na sua grande maioria, no seu uso na alimentação animal. O Brasil possui o maior rebanho comercial bovino do mundo (aproximadamente 180 milhões de cabeças), sendo o maior exportador mundial de carne, assim como um grande produtor de leite. No país, os sistemas de produção de bovinos são baseados na utilização das pastagens, comprovadamente a alternativa alimentar mais econômica. Aproximadamente a metade da área ocupada por pastagens corresponde a gramíneas cultivadas do gênero *Urochloa* (nova denominação do gênero *Brachiaria*) e em menor proporção *Panicum* e *Andropogon*. Entretanto, gramíneas dos gêneros *Cynodon* e *Digitaria* têm sido sistematicamente reportadas como alternativa, quando se deseja fornecer aos animais forragem de alta qualidade.

O potencial das pastagens tropicais para a produção de leite e carne tem sido intensamente debatido nas últimas décadas. Atualmente, há consenso de que a validação de práticas de manejo eficientes, que promovam a produtividade das pastagens de forma sustentável, demanda a integração dos conhecimentos sobre atributos fenotípicos das plantas forrageiras, dentro de contextos ecofisiológicos que nos aproximem da compreensão real do funcionamento dos ecossistemas pastoris.

De acordo com resultados experimentais obtidos em condições de clima temperado, sabe-se que, quando a produção forrageira diminui sensivelmente, a planta já reduziu drasticamente o seu sistema radicular. Assim, devido à importância do potencial de rebrota dos capins para a otimização do uso dos recursos forrageiros, a maioria das considerações sobre o papel das raízes é de natureza trófica, ligadas à perturbação de relações fonte-dreno associadas à desfolha e à recuperação pós-pastejo. Por outro lado, pesquisas mostram que as raízes das gramíneas forrageiras podem ajudar no processo de estabilização dos agregados, ao conservar ou aumentar a matéria orgânica do solo. A morfologia radicular das gramíneas forrageiras pode propiciar também o estabelecimento de associações simbióticas com microrganismos do solo, assim como a penetração de horizontes subsuperficiais, facilitando a captura e reciclagem de nutrientes lixiviados em profundidade. Tomados em conjunto, esses aspectos, que ligam, indiretamente, as práticas de manejo da pastagem e do pastejo com a sustentabilidade do ecossistema, evidenciam a relevância que possam ter informações relativamente simples, como a profundidade de enraizamento e a distribuição de raízes no perfil.

Além de sua utilização como principal fonte alimentar na produção pecuária, as pastagens desempenham um papel maior no contexto dos fluxos globais de carbono na biosfera terrestre e, por essa razão, têm concentrado cada vez mais a atenção de ecologistas e pesquisadores da mudança climática global (Lemaire, 2007). O peculiar nos ecossistemas pastoris são as relações de partição que se estabelecem entre a biomassa da parte aérea e a biomassa subterrânea, sendo que esta última constitui uma fração muito mais elevada da que se observa em plantas anuais. Isto tem aberto a especulação de que as espécies forrageiras possam trazer uma contribuição aos processos de seqüestro de CO₂ atmosférico, uma

perspectiva que demanda certamente um melhor conhecimento, *in situ*, das raízes e da dinâmica radicular, expressão esta muito utilizada, mas pouco compreendida (Hui e Jackson, 2006).

Há várias perspectivas concorrentes para que os estudos sobre sistemas radiculares de pastagem sejam uma área de interface entre pesquisadores de ecologia e fisiologia de pastagens, edafólogos e especialistas em produção animal. O que é possível constatar, entretanto, é que há uma carência quase absoluta de informações sobre os vários desdobramentos da interface solo– raiz– parte aérea– animal (Lemaire, 2007).

No Brasil, onde se realizaram, nos últimos anos, dois simpósios internacionais sobre ecofisiologia e ecologia de pastagens, pode se constatar que, nesses eventos, entre comunicações de muito alta relevância científica, praticamente nenhuma foi dedicada exclusivamente às raízes. De fato, isto reflete carência de estudos sobre o tema: Scurlock e Hall alertaram, em 1998, que menos de 10% dos estudos mundiais sobre pastagens eram relativos a sistemas radiculares e, mais recentemente, Trujillo et al. (2006) observaram que, até o momento da elaboração do seu trabalho, não existiam dados sobre dinâmica de raízes em pastagens nativas ou introduzidas nos trópicos sul-americanos.

Diversas pesquisas têm indicado que os efeitos do pastejo variam conforme a estação de crescimento e com a condição da planta no momento da desfolhação. Sabe-se que as condições ambientais, regulando basicamente a disponibilidade dos recursos necessários aos processos fotossintéticos de crescimento, assim como o regime térmico, são moduladores do crescimento e fenologia das plantas forrageiras, como bem evidencia o fenômeno da “sazonalidade das pastagens”.

Nesse quadro, poderíamos assumir, como primeira hipótese, que durante os períodos mais secos do ano as plantas alocam mais carbono às raízes do que a parte aérea, expressando assim uma resposta adaptativa à desidratação de seu ambiente edáfico. Segundo Hui e Jackson (2006), essa hipótese pode ser verificada entre diferentes localidades e diferentes climas, mas, para uma mesma localidade, os efeitos climáticos sobre a partição de biomassa são muito mais variáveis. Em segundo lugar, nós podemos supor a existência de plasticidade fenotípica para a expressão dessa resposta, isto é, diferentes genótipos ou cultivares possuem maior ou menor capacidade para responder aos desafios ambientais representados pelas oscilações climáticas características de um dado local geográfico.

Aceitando (provisoriamente) essas hipóteses como verdadeiras, podemos agora perguntar: como opera a desfolha frente a esses padrões de comportamento? Especificamente, uma lotação animal (ou corte da forragem) constante ao longo do ano: suprime, reduz ou é neutra com respeito à relação raiz: parte aérea das pastagens? Adicionalmente, seria de interesse saber se a interação entre lotação animal e condição ambiental afeta ou não a capacidade dos capins para acumular nutrientes.

Em atenção a essas interrogantes, foi desenhado o presente trabalho, no qual, através de uma estratégia experimental simples, procurou-se elucidar os aspectos previamente mencionados em quatro gramíneas forrageiras: *Cynodon nlemfuensis* (capim-Estrela Porto Rico); *Cynodon* spp (capim-Tifton-85); *Digitaria swazilandensis* (capim-suâzi) e *Digitaria decumbens* cv. Transvala (capim-Transvala).

Foram objetivos do presente trabalho:

a) Estudar as variações sazonais na produção de forragem e fitomassa seca da parte aérea e raízes, assim como da relação raiz: parte aérea, dessas quatro gramíneas forrageiras, quando submetidas a desfolhações sucessivas por corte;

b) Verificar possíveis diferenças na distribuição em profundidade do perfil, da fitomassa seca, comprimento e área superficial dos sistemas radiculares dessas forrageiras;

c) Quantificar os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na parte aérea e raízes;

- d) Verificar o efeito das variações sazonais na composição da parede celular de quatro gramíneas forrageiras;
- e) Verificar as oscilações sazonais na distribuição relativa do acúmulo desses nutrientes entre raízes e parte aérea;
- f) Verificar a influência do sistema radicular de quatro gramíneas forrageiras sobre as propriedades químicas e físicas do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Os Ecossistemas Pastoris.

Do ponto de vista de sua distribuição geográfica global, a vegetação de pastagens ocorre naturalmente em todos os continentes, exceto na Antártida e, em muitas áreas, substitui a vegetação natural, devido à intervenção humana (Lemaire, 2007; Vendramini et al., 2007). Em conjunto, a vegetação campestre recobre quase um quarto da superfície terrestre do planeta, acumulando dez por cento dos estoques globais de carbono (Hui e Jackson, 2006; Lemaire, 2007).

Devido a sua dimensão continental e à grande variação geomorfológica e climática, o Brasil abriga sete biomas, dezenas de ecorregiões e incalculáveis ecossistemas (Arruda, 2000; Coutinho, 2006). Ecossistema é uma unidade ecológica, estrutural e funcional, com seus componentes bióticos e abióticos (Coutinho, 2006), ou de outra forma, são interações dinâmicas entre plantas, animais e microorganismos e o seu ambiente abiótico, trabalhando juntos como uma unidade funcional (Larcher, 2000).

As pastagens constituem ecossistemas bastante complexos e dinâmicos (Sbrissia e Silva, 2001) onde a vegetação dominante é composta por espécies herbáceas, maiores membros da família Poaceae (ou Gramineae), nativas ou exóticas (Hadley, 1993, Kellog, 2001, Lemaire, 2007). Do ponto de vista funcional, o ecossistema de pastagens é caracterizado pelos seus fluxos distintos de energia (fótons) e matéria (carbono, água, nutrientes), circulando entre os diversos compartimentos (Larcher, 2000; Deregibus et al., 2001), centrados na população das plantas forrageiras.

2.2 Plasticidade Fenotípica e Alocação de Recursos.

A plasticidade fenotípica, entendida como a capacidade de um dado genótipo para apresentar diferentes fenótipos sob diferentes condições ambientais, é considerada o principal meio pelo qual as plantas fazem frente à heterogeneidade ambiental (Valladares et al., 2007). Muitos estudos têm demonstrado que as plantas são plásticas para numerosos atributos de natureza morfológica, fisiológica e anatômica, incluindo também características de desenvolvimento e reprodução (Sultan, 2000). Também, de acordo com Valladares et al. (2007), há bastantes evidências que espécies vegetais e populações diferem notavelmente na extensão de suas respostas plásticas a desafios ambientais comparáveis, como sombra, seca, CO₂ atmosférico, nível nutricional e hipoxia (baixa concentração de O₂ ambiental).

De acordo com Valladares et al. (2007), que revisaram a limitada evidência disponível neste campo da ecologia funcional, as limitações à expressão plena da plasticidade fenotípica, na maioria dos casos estudados, decorre de limitações internas, tais como custos genéticos, alocação ou ontogenia. Alocação, um termo que designa a distribuição regulada de fotossintatos com fins de armazenagem, utilização e/ou transporte (Taiz e Zeiger, 2004), é um fator interno de grande importância (Nelson, 2000). Por exemplo, a translocação para as folhas de carboidratos não estruturais acumulados nos caules e raízes possibilita que as plantas equilibrem balanços negativos de carbono, impostos por altos níveis de sombreamento ou herbivoria (Richards, 1993; Thornton e Millard, 1996; Gautier et al., 1999). Nesse caso, a possibilidade de geração de mecanismos de tolerância por parte da planta dependerá da sua capacidade de aumentar a alocação relativa de fontes de carbono à parte aérea.

Muitos fatores internos e ecológicos podem influenciar a capacidade das plantas para responder aos variados cenários ambientais, pautados por múltiplos fatores bióticos e

abióticos que freqüentemente exercem a sua influência simultaneamente (Valladares et al., 2007). Isto origina respostas complexas, em que, por um lado, uma dada perturbação ambiental exerce uma pressão de seleção induzindo respostas consideradas adaptativas e, por outro, dependendo da sua intensidade, limita a potencialidade da própria plasticidade como mecanismo de ajuste.

Nos ecossistemas de pastagens, de acordo com Sbrissia e Silva (2001), a seca, o fogo e o pastejo são os três principais agentes de perturbação, promovendo pressão de seleção para alta taxa de renovação da parte aérea, localização das estruturas de perenização próximas da superfície do solo e uma grande proporção de biomassa e atividade funcional na sua parte subterrânea. Todavia, a manutenção desse padrão “normal” dependerá da intensidade e freqüência de desfolhação: estudos realizados com uma série de espécies forrageiras demonstraram que o crescimento radicular de gramíneas de ciclo fotossintético C₃ e C₄ chega a ser paralisado quando 50% ou mais da área foliar é removida em um pastejo (Richards, 1993). Por outro lado, outros estudos têm mostrado que, quando a desfolhação é severa, há redução e morte da massa radicular (Matthew, 1992, citado por Muraro, 2004; Giacomini et al., 2005; Pagotto, 2001). Além disso, tem que ser considerado o efeito ontogênico, uma vez que os efeitos do pastejo variam conforme a estação de crescimento e com a condição da planta no momento da desfolhação (Silva e Nascimento Jr., 2006).

2.3 O Equilíbrio Funcional: Relação Raiz: Parte Aérea.

O crescimento das plantas é governado por dois processos básicos: a síntese de material orgânico pela parte aérea (produção de fotoassimilados) e a absorção de água e nutrientes pelas raízes. Estes processos interagem de forma que a assimilação de gás carbônico na parte aérea é necessária para o crescimento do sistema radicular, e a absorção radicular é imprescindível para o desenvolvimento da parte aérea (Schuurman e Goedewaagen, 1991). Isto significa que cada um desses compartimentos da planta (a parte aérea e o sistema radicular) fornece materiais essenciais ao crescimento do outro. Dessa forma, uma redução funcional em um dos compartimentos resulta geralmente numa redução correlata na taxa de crescimento do outro, se todos os outros fatores permanecem constantes (Zak et al., 1994; van Noordwijk e van de Geijn, 1996).

Essa interdependência está baseada na função, não na morfologia ou tamanho de cada compartimento, conforme postulado na chamada “teoria do equilíbrio funcional”. (Brouwer, 1963, citado por Klepper, 1991).

O equilíbrio funcional pode ser expresso de várias formas, dependendo dos processos que sejam focalizados. Por exemplo, a relação entre absorção de nutrientes e assimilação fotossintética poderia, em princípio, ser descrita de forma mais precisa pela relação entre as áreas radicular e foliar do que entre as massas secas de raízes e parte aérea (Klepper, 1991).

Na maioria dos ambientes, as plantas competem por fatores ou recursos de crescimento, alocados acima ou abaixo da superfície do solo. A capacidade para adquirir os recursos acima do solo está associada com a área foliar, e a capacidade para a aquisição de recursos subterrâneos está associada com o comprimento das raízes (Ryser e Eek, 2000). Esses atributos mostram considerável plasticidade fenotípica: por exemplo, a sombra conduz ao aumento da razão de área foliar (área foliar por unidade de massa seca total), enquanto que um baixo suprimento de nutrientes resulta em um aumento da razão de comprimento radicular (comprimento radicular por unidade de massa seca total) (Ryser e Lambers, 1995). A variação dessas duas relações funcionais é determinada pela inter-relação de três componentes: a alocação relativa de biomassa ao órgão respectivo (folha ou raiz), a espessura desse órgão e sua densidade (volume de tecido que a planta pode produzir com uma dada quantidade de matéria seca (Ryser, 1996).

Em outras situações, a existência de estresses ambientais cruzados pode exigir a expressão de mecanismos contraditórios, que estreitam ainda mais a plasticidade das respostas funcionais (Valladares et al., 2007). Assim, na medida em que a desfolha implica em redução temporária da capacidade autotrófica da planta forrageira, os mecanismos de compensação atuam no sentido de restituir as perdas de tecido fotossintético (Silva e Nascimento Jr., 2007). Isto, como já mencionado, implica uma alocação preferencial de recursos à parte aérea. Esses recursos são drenados das raízes, que atuam como fontes de reserva de carboidratos não estruturais e compostos nitrogenados (Volonec et al., 1996; Carvalho et al., 2001). Então esse padrão de resposta à herbivoria pode contrariar as respostas funcionais à seca, dentre as quais, está o aumento da alocação preferencial de recursos às raízes, traduzido num aumento da relação massa de raízes: massa da parte aérea (Valladares et al., 2007).

Para plantas anuais, o crescimento das raízes tem prioridade, durante a germinação e crescimento inicial das plântulas (maior relação raiz: parte aérea). A relação raiz: parte aérea decresce durante a estação do crescimento por causa de um maior crescimento da parte aérea, especialmente na fase reprodutiva, quando grande parte dos fotoassimilados é alocada em sementes e frutos (Klepper, 1991; Fisher et al., 1994). Em oposição a esse padrão determinado de alocação de fotossintatos, nas espécies perenes, como regra geral, o que se observa é que os padrões de distribuição mudam segundo a estação de crescimento (Hui e Jackson, 2006).

Em pastagens de clima temperado, os padrões sazonais de crescimento radicular seguem aqueles da parte aérea, com picos de produção bem diferenciados, no outono e na primavera (Parsons et al., 1988). Em climas com estacionalidade hídrica mais acentuada (alternância de estação seca e chuvosa, como mostra a Figura 6, página 23), várias pesquisas têm mostrado que, no início da estação chuvosa, quantidades significativas de nutrientes são liberadas ao solo, a partir da decomposição da liteira e raízes mortas (Lemaire, 2007). As condições quentes e úmidas propiciam, então, a rebrota da pastagem, com o aumento da absorção de N e outros nutrientes (Boddey et al., 1993). A observação destas tendências sazonais no crescimento das pastagens implica amostragens periódicas, feitas em determinadas épocas, quando se espera que aconteçam os picos de máximo e mínimo crescimento vegetal (Steen, 1984).

Em suma, na literatura existe um grande número de trabalhos evidenciando as várias formas de expressão do equilíbrio funcional. Para citar apenas um exemplo: os estudos de Smith et al. (1999) verificaram que a limitação do crescimento das raízes (através de poda ou desfolha) reduziu significativamente os pesos totais das plantas, mas não modificou a partição da massa seca entre raízes e parte aérea. Então, embora cada espécie vegetal tenha um padrão característico de crescimento, há uma tendência de manutenção da relação raiz: parte aérea, dentro de determinados limites. O conhecimento das respostas das espécies forrageiras à desfolhação é um aspecto importante no estabelecimento de práticas de manejo da pastagem que assegurem a longevidade e sustentabilidade do ecossistema pastoril (Davies et al., 1993).

2.4 Ciclagem de Carbono e a Partição de Fitomassa entre Raízes e Parte Aérea.

Uma característica importante da ciclagem do carbono (C) nos ecossistemas terrestres é a sua partição acima e abaixo do solo (Pendall et al., 2004; Hui e Jackson, 2006).

A produtividade primária líquida (PPL) é a força condutora primária da ciclagem global de C (Scurlock e Hall, 1998), porém a fração subterrânea da PPL influencia aspectos vitais à estabilidade do ecossistema, tais como: absorção de nutrientes e água, ciclagem de C e competição entre espécies (Jackson et al., 1996; Jackson et al., 2000; Hui e Jackson, 2006). Ainda assim, a fitomassa alocada dentro da terra tem sido largamente negligenciada.

É essencial distinguir entre PPL e biomassa; enquanto a PPL é uma taxa (expressa como $\text{g m}^{-2} \text{ano}^{-1}$ ou unidades similares), a biomassa se refere sempre a uma quantidade presente num ponto fixo no tempo (Roberts et al., 1993), que representa a diferença entre dois fluxos de CO_2 , a fotossíntese bruta e a respiração (Soussana e Luscher, 2007). Todavia, como tais medições são muito difíceis de ser realizadas em condições de campo, um método alternativo é contabilizar todas as mudanças na biomassa vegetal, junto com as perdas associadas. Combinando essas medições com as correspondentes ao material morto e em decomposição, é possível estimar a PPL (Roberts et al., 1993). Segue-se que a quantificação das biomassas aérea e subterrânea é componente importante nas equações de cálculo da PPL.

Na maioria dos ecossistemas de pastagens, o principal mecanismo de deposição de C em profundidades além dos primeiros centímetros superficiais é através da produção de raízes, da sua senescência, mortalidade e decomposição (Trujillo et al., 2006). Portanto, esses processos são tidos como chaves na compreensão da dinâmica do C e N nos solos (van Vuuren et al., 1996; van der Krift e Berendse, 2002).

A biomassa da parte subterrânea pode representar mais de 80% da biomassa total da planta (Hui e Jackson, 2006). As pastagens têm uma ampla capacidade potencial para o acúmulo de C já que a maioria da PPL da pastagem ocorre debaixo da terra (Jackson et al., 1996; van der Krift e Berendse, 2002).

Tanto a PPL como a partição de biomassa são fortemente influenciadas pelo clima (Gill e Jackson, 2000), porém a maioria dos estudos sobre as relações de PPL e variáveis climáticas têm sido limitados principalmente à parte aérea das pastagens. De fato, Schurlok e Hall, (1998) estimaram que menos de 10% dos estudos mundiais de pastagens têm incluído medições da biomassa subterrânea.

Num recente estudo com ecossistemas de pastagens caracterizados por ampla variabilidade geográfica e climática, foi estimado que a fração da biomassa subterrânea ligada à PPL das pastagens variou de 0,40 a 0,86 (Hui e Jackson, 2006). Esse estudo mostrou também que a fração da biomassa total alocada nas raízes decresceu significativamente com o aumento da temperatura média anual e da precipitação, porém os autores observaram a necessidade de aumentar as estimativas de biomassa total e sua partição.

As raízes finas são um componente importante da biomassa subterrânea e da absorção de nutrientes, no entanto as estimativas de sua produção e ciclagem permanecem como um desafio (Hui e Jackson, 2006). Por exemplo, na América tropical e subtropical, existem poucos dados sobre dinâmica de raízes em pastagens (Brasil et al., 2001; Trujillo et al., 2006).

2.5 Sistemas Radiculares e a Absorção de Nutrientes

A coleção de dados relativos à produção e distribuição de biomassa radicular no campo, enquanto enfoque necessário em estudos sobre ciclagem de carbono e de seqüestro de CO_2 em pastagens de clima temperado e tropical, não avalia as influências diretas ou indiretas que as raízes exercem sobre as atividades químicas e biológicas do solo, nem a própria capacidade dos sistemas radiculares na aquisição de recursos abióticos (van Noordwijk e van Geijn, 1996; Vogt et al., 1998).

Em estudos envolvendo tais aspectos, que relacionam a distribuição radicular a suas funções e interações com o solo, os dados relativos ao comprimento ou área superficial de raízes são mais apropriados do que os parâmetros baseados em biomassa radicular (Zak et al., 1994; Dowdy et al., 1995; Rossiello et al., 1995; França et al., 1999; Costa et al., 2000, Brasil et al., 2001; França et al., 2006).

Entretanto, para Engles et al. (2000), o acúmulo de nutrientes em plantas pode ser determinado a partir dos dados de fitomassa total entre colheitas seqüenciais e as correspondentes concentrações de nutrientes nas frações da fitomassa. Dependendo do

parâmetro radicular escolhido, as estimativas de acumulação de nutrientes entre duas épocas de colheita podem ser baseadas em biomassa, comprimento ou aérea superficial das raízes.

O sistema radicular no seu conjunto compreende segmentos radiculares produzidos durante diferentes períodos de crescimento. A idade das raízes é reconhecida como um fator importante afetando a atividade de absorção de nutrientes por unidade de comprimento radicular. Considera-se que as raízes jovens possuam uma alta capacidade absorptiva em relação às raízes mais velhas (Mengel e Barber, 1974; Yanai, 1994; Gao et al., 1998; França et al., 1999 e 2006), por possuírem, via de regra, maiores comprimentos radiculares específicos (Fitter, 1991). Até o presente, não existe método quantitativo para caracterizar a idade de um sistema radicular inteiro, de forma a separar raízes jovens de velhas. A melhor aproximação consiste em estimar o comprimento radicular total, o qual, todavia, não reflete as idades dos vários segmentos de um sistema radicular. Além disso, do ponto de vista ontogênico, a razão entre raízes novas e velhas muda com o tempo (Gao et al., 1998).

Harris (1978), estudando severidade de desfolha e absorção de nutrientes, inferiu que poderia haver uma relação negativa entre os dois aspectos, reduzindo a reposição de folhas, devido a: (a) redução do sistema radicular em decorrência da desfolha, limitando a exploração de água e nutrientes do solo; (b) redução da transpiração; (c) restrição do fluxo de fotoassimilados e conseqüentemente de substratos para a respiração das raízes, limitando a absorção ativa de nutrientes. Outros autores ratificaram a idéia, na medida em que o corte ou pastejo da parte aérea minimiza a fotossíntese evitando surgimento de novas raízes e perfilhos, para que haja recomposição da área foliar remanescente (Donaghy e Fulkerson, 1998; Corsi et al., 2001). O fluxo de carbono na pastagem depende da concentração de N nas plantas, pois a atividade fotossintética está diretamente relacionada com o conteúdo de N nas folhas (Gastal et al., 1992; Lemaire e Chapman, 1996). As desfolhas sucessivas causam redução no crescimento das raízes e diminuição na sua massa, pois ocorre a remobilização do C e N para a parte aérea para recompor o aparelho fotossintético (Frankow-Lindberg, 1997; Lemaire e Chapman, 1996), afetando a absorção de nutrientes (Briske e Richards, 1995; Thornton e Millard, 1997a).

A diminuição no suprimento de nutrientes reduz a fotossíntese total, porém aumenta a alocação em favor de raízes. Em alguns casos, o crescimento radicular em baixa disponibilidade de nutrientes pode ser ainda maior que o alto suprimento de nutrientes (Hui et al., 2003).

Do exposto, cabe concluir que, tanto na consideração das causas dos processos degradativos das gramíneas forrageiras em monocultura, ou de seu possível papel na ciclagem global do carbono como na avaliação de seu papel na sustentabilidade dos sistemas agropastoris, são requeridos estudos quantitativos sobre a dinâmica do sistema radicular. Por outro lado, o potencial que uma dada gramínea forrageira tenha para atuar nesses processos estará parcialmente determinado pelas suas características ontogenéticas em interação com as variações de solo e clima de cada local específico.

Estudos que relacionem a decomposição e renovação do sistema radicular de forrageiras tropicais com fatores bióticos e abióticos deveriam ser intensificados, buscando melhor entendimento dos fluxos de tecidos da planta inteira em diferentes estações do ano.

2.6 Características dos Capins Estudados

Dos seis capins existentes na área, foram escolhidos quatro, sendo dois do gênero *Cynodon* (Estrela Porto Rico e Tifton-85) e dois do gênero *Digitaria* (suázi e Transvala). Para efeito de apresentação de resultados, a esses capins foram adjudicados os seguintes códigos:

- Capim-Estrela Porto Rico: EPR;
- Capim-Tifton-85: T85;
- Capim-suázi: SU;
- Capim-Transvala: TV.

2.6.1 *Cynodon nlemfuensis*

Segundo Vilela (1988), o capim-Estrela (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) é originário da Ásia e multiplica-se vegetativamente, pois suas sementes são pouco viáveis. Adapta-se bem a solos de diversas texturas, desde que com boa disponibilidade de água e bem drenados. Tem uma razoável resistência a seca e tolerância ao frio, com temperatura letal entre -10 e -2°C. Foi introduzido na Amazônia na década de 1970 e começou a ser testado em 1976, quando foram feitas restrições em função das altas exigências em fertilidade dos solos (Costa, 1999). Na Figura 1 se observa o aspecto geral da parte aérea do capim-Estrela Porto Rico por ocasião do primeiro corte de avaliação



Figura 1. Stand da parcela de capim-Estrela Porto Rico em 26/03/02.

2.6.2 *Cynodon spp*

O capim-Tifton-85 é um híbrido F₁ interespecífico, resultado do cruzamento de Tifton 68 (*Cynodon nlemfuensis*), com uma introdução (*C dactylon*), proveniente da África do Sul, desenvolvido na pelo Prof. Dr. G.W. Burton na Estação Experimental de Tifton da Universidade da Geórgia em cooperação com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (Burton et al., 1993). Quando foi registrada, foi descrita como sendo uma gramínea perene rizomatosa, com colmos maiores, folhas mais largas e com coloração verde mais escura que outras gramas-bermuda. Na Figura 2 se observa o aspecto geral da parte aérea do capim-Tifton-85 por ocasião do primeiro corte de avaliação.



Figura 2. Stand da parcela de capim-Tifton-85 em 26/03/02.

2.6.3 *Digitaria swazilandensis*

O capim-suázi é oriundo da África do Sul. É bastante agressivo, imprimindo boa cobertura do solo, elevando seu caule, com inflorescência há até 40 cm e altura, e não produz sementes viáveis (Aronovich et al., 1996). Essa forrageira é bem resistente a seca e a queima, tolerando por mais de 15 dias o encharcamento, suportando alta intensidade de desfolhação (Maraschim, 1988). Na Figura 3 se observa o aspecto geral da parte aérea do capim-suázi por ocasião do primeiro corte de avaliação.



Figura 3. Stand da parcela de capim-suázi em 26/03/02

2.6.4 *Digitaria decumbens* c.v Transvala

O capim-Transvala é oriundo da África do Sul, tendo sido introduzido nos Estados Unidos da América em 1964, onde passou por intensa seleção, sendo liberado em 1973 (Schank et al., 1990). Essa cultivar inicia seu crescimento a uma temperatura do solo de 13,9°C, sendo que para o capim-pangola (*D. decumbens*) esse valor é 19,4°C, indicando desta maneira a capacidade do capim a se desenvolver sem grande inconveniente em áreas de clima subtropical (Mansfield et al., 1990). Na Figura 4 se observa o aspecto geral da parte aérea do capim-Transvala por ocasião do primeiro corte de avaliação.



Figura 4. Stand da parcela de capim-Transvala em 26/03/02.

2.6.5 Avaliação da produção de massa seca de forragem dos gêneros estudados

A variação da produtividade dos capins dos gêneros *Cynodon* e *Digitaria*, de acordo com estudos realizados por diversos autores no Brasil, mostra que a produção de massa seca de forragem depende do nível de fertilização, do regime hídrico, etc. Na Tabela 1 é mostrado um resumo da produção e taxa de acumulação diária, dos tratamentos com menor nível de fertilização e sem irrigação, obtidos em outros trabalhos.

Tabela 1. Resultados de experimentos que avaliaram produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) de gramíneas forrageiras, dos gêneros *Cynodon* e *Digitaria*.

Espécie	Local	Altura de corte (m)	Intervalo de corte (mês)	MSPA		Tratamentos	Fonte
				kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹ dia ⁻¹		
Estrela	Seropédica, RJ	0,05	42 dias	6348	151,1	100kg N	1
		0,05	42 dias	3930	93,6	Sem adubo	2
Tifton-85	Seropédica, RJ	0,05	42 dias	5314	126,5	100kg N	1
		0,05	42 dias	3540	84,3	Sem adubo	2
		0,10	42 dias	7200	171,4		3
			Anual	11512	31,6		4
	Planaltina, DF	0,10	70 (03 a 05)		118,53		
			75 (05 a 08)		49,95		
			41 (08 a 09)		73,38		5
			69 (09 a 11)		73,41		
			41 (11 a 01)		59,47		
			(janeiro)		105,6		
Piracicaba, SP	0,05	a	(março)	95,0			
			(setembro)	29,2		6	
		0,20	(dezembro)	104,3			
Coastcross	Lavras, MG	0,10	28 (outubro)	558	19,9	Sem adubo	7
		0,10	28 (novembro)	922	32,9	Sem adubo	7
		0,10	28 (dezembro)	1111	39,7	Sem adubo	7
		0,10	29 (fevereiro)	2060	71,0	Sem adubo	8
		0,10	29 (março)	1093	37,7	Sem adubo	8
		0,10	29 (abril)	1935	66,7	Sem adubo	8
Suázi	Seropédica, RJ	0,05	42 dias	5079	120,9	100kg N	1
		0,05	42 dias	3120	74,3	Sem adubo	2
	Lavras, MG	0,10	28 (outubro)	499	17,8	Sem adubo	7
		0,10	28 (novembro)	485	17,3	Sem adubo	7
		0,10	28 (dezembro)	1079	38,5	Sem adubo	7
		0,10	29 (fevereiro)	1151	39,7	Sem adubo	8
		0,10	29 (março)	324	11,2	Sem adubo	8
		0,10	29 (abril)	1009	34,8	Sem adubo	8
			Anual	25500	69,9		9
Transvala	Seropédica, RJ	0,05	42 dias	4506	107,3	100kg N	1
		0,05	42 dias	3380	80,5	Sem adubo	2
	Lavras, MG	0,10	28 (outubro)	395	14,1	Sem adubo	7
		0,10	28 (novembro)	326	11,6	Sem adubo	7
		0,10	28 (dezembro)	943	33,7	Sem adubo	7
		0,10	29 (fevereiro)	1350	46,6	Sem adubo	8
		0,10	29 (março)	586	20,2	Sem adubo	8
		0,10	29 (abril)	687	23,7	Sem adubo	8
			Anual	25800	70,7		9
Seropédica, RJ	0,05	42 dias	3479	82,8	Sem adubo	10	
	0,05	40 dias	9391	234,8	60kg N	11	

1: Estrada et al., 2003; 2: Souza 1998; 3: Oliveira et al., 2000; 4: Alvim et al., 2003; 5: Marcelino et al., 2003; 6: Carvalho et al., 2001; 7: Dias et al., 2000; 8: Dias et al., 1998; 9: Aronovich et al., 1996; 10: Camargo Filho et al., 2004 e 11: Haddad et al., 1999.

2.6.6 Avaliação da concentração e acúmulo de nitrogênio na massa seca de forragem dos gêneros estudados

A concentração e acúmulo de nitrogênio (N), obtidos em diversidade de condições ambientais e experimentais no Brasil, nos tratamentos sem ou com baixo nível de fertilização e sem irrigação, são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados de experimentos que avaliaram a concentração e acúmulo de nitrogênio na parte aérea de gramíneas forrageiras, dos gêneros *Cynodon* e *Digitaria*.

Espécie	Local	Altura de corte (m)	Intervalo de corte (mês)	gN kgMS ⁻¹	kg ha ⁻¹	Tratamentos	Fonte
Estrela	Seropédica, RJ	0,05	42 dias	14,55		100kg N	1
		0,05	42 dias	15,00		Sem adubo	2
	Lavras		45 dias	22,08		Após corte	3
Tifton-85	Seropédica, RJ	0,05	42 dias	16,41		100kg N	1
		0,05	42 dias	15,51		Sem adubo	2
Coastcross	Lavras, MG	0,10	28 (outubro)		14,99	Sem adubo	4
		0,10	28 (novembro)		23,46	Sem adubo	4
		0,10	28 (dezembro)		29,24	Sem adubo	4
		0,10	29 (fevereiro)		55,86	Sem adubo	5
		0,10	29 (março)		31,48	Sem adubo	5
		0,10	29 (abril)		45,27	Sem adubo	5
Suázi	Seropédica, RJ	0,05	42 dias	12,91		100kg N	1
		0,05	42 dias	16,78		Sem adubo	2
	Lavras, MG	0,10	28 (outubro)		10,19	Sem adubo	4
		0,10	28 (novembro)		8,7	Sem adubo	4
		0,10	28 (dezembro)		16,68	Sem adubo	4
		0,10	29 (fevereiro)		21,59	Sem adubo	5
		0,10	29 (março)		7,50	Sem adubo	5
		0,10	29 (abril)		24,04	Sem adubo	5
Transvala	Seropédica, RJ	0,05	42 dias	15,74		100kg N	1
		0,05	42 dias	12,46		Sem adubo	2
	Lavras, MG	0,10	28 (outubro)		7,7	Sem adubo	4
		0,10	28 (novembro)		4,84	Sem adubo	4
		0,10	28 (dezembro)		16,86	Sem adubo	4
		0,10	29 (fevereiro)		28,15	Sem adubo	5
		0,10	29 (março)		14,75	Sem adubo	5
		0,10	29 (abril)		15,47	Sem adubo	5
Itapetininga, SP	0,05	40 dias	9,80		60kg N	6	

1: Estrada et al., 2003; 2: Souza 1998; 3: Marcelino et al., 2003; 4: Dias et al., 2000; 5: Dias et al., 1998; 6: Haddad et al., 1999.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da Área Experimental

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Seropédica (EES) da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (Pesagro-Rio), situada na BR465, km 8, município de Seropédica, Estado do Rio de Janeiro, (Latitude 22°45'S, Longitude 43°41'W e altitude 33 m).

3.2 Características Edafoclimáticas

O solo do local foi descrito por Ramos et al. (1973), que o classificou como Planossolo Hidromórfico Cinzento, série Itaguaí, A fraco, textura franco arenosa, relevo suave ondulado (declividade: 2-5%) e bem drenado. No atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), essa unidade de mapeamento corresponde ao Planossolo. Trata-se de solos que apresentam predomínio de areia nos primeiros 0,3-0,7 m do perfil, associado a um horizonte subsuperficial B_{tx} textura argilo-arenosa, e estrutura maciça e dura quando seca, e friável quando úmida.

Na Tabela 3 são apresentadas algumas propriedades físicas e químicas do solo onde foram estabelecidas as pastagens.

Tabela 3. Algumas propriedades químicas e físicas de horizontes selecionados de solo situado em local adjacente à área experimental.⁽¹⁾

Amostra	A _p (0 – 0,22 m)	B _t (0,34 – 0,56 m)
pH em água (1:2,5)	6,2	5,1
P (Mehlich-1) – mg dm ⁻³	15	1
K (KCl 1 molL ⁻¹) – cmol _{c+} kg ⁻¹	0,14	0,02
Ca ²⁺ (KCl 1 molL ⁻¹) – cmol _{c+} kg ⁻¹	0,28	0,16
Mg ²⁺ (KCl 1 molL ⁻¹) – cmol _{c+} kg ⁻¹	0,18	0,10
Al ³⁺ (KCl 1 molL ⁻¹) – cmol _{c+} kg ⁻¹	0	0,2
Carbono orgânico (Walkley-Black) – g kg ⁻¹	7,8	3,2
Nitrogênio (kjeldhal) – g kg ⁻¹	0,9	0,5
C:N – g g ⁻¹	8,7	6,4
Densidade global – g kg ⁻¹	1,38	1,55
Macroporosidade	12	6
Argila – g kg ⁻¹	250	470
Silte – g kg ⁻¹	110	90
Areia grossa – g kg ⁻¹	420	290
Areia fina – g kg ⁻¹	210	150

(1) A partir de trincheira aberta em fevereiro de 2002.

O clima local é caracterizado como quente e úmido no verão, sem invernos pronunciados e muito secos. Este tipo climático enquadra-se no tipo Aw da classificação de Köppen, embora exista bastante variabilidade entre anos.

Martorano et al. (1997) analisaram uma série de 37 anos de dados climáticos (1960-1996), obtidos junto à Estação Ecologia Agrícola, da Estação Experimental de Seropédica (Pesagro-Rio), distante aproximadamente 1,5 km da área experimental. Esses dados foram utilizados na análise das variações diárias e sazonais da precipitação

pluviométrica, temperatura anual e umidade relativa do ar, durante o período experimental, e são apresentados no início da seção de Resultados e Discussão (página 23).

3.3 Histórico

Entre 1980 e 1997, o local (1,2ha) foi vegetado com uma pastagem mista de capim-braquiária e capim-colonião e utilizado como área de repouso/descanso para eqüinos. Posteriormente, essa pastagem foi substituída pelo capim-Tifton-85.

Esta substituição ocorreu dentro de um programa da Pesagro-Rio/EES destinado a melhorar os índices zootécnicos da bovinocultura leiteira do Estado do Rio de Janeiro. Para tal, foram implantados vários projetos, objetivando, entre outros propósitos, uma melhoria no valor nutricional das pastagens. Especificamente neste sítio, em outubro de 1997, foi estabelecido um ensaio experimental com o propósito de estudar o papel da fertilização nitrogenada e do intervalo de corte, na produção e qualidade da forragem produzida por seis gramíneas dos gêneros *Cynodon* e *Digitaria*, a saber: *C. nlemfuensis* (c.v. Estrela Porto Rico); *C. dactylon* (c.v. Coast-cross-1) *C. spp* (c.v. Tifton-85); *D. decumbens* c.v Transvala (Transvala); *D. swazilandensis* (suázi) *D. valida* x *D. setivalida* (survenola). Durante o período de dezembro de 1997 a junho de 1998, foram testados três níveis de fertilização de N-P-K, a lanço, a intervalos de 21, 28, 35 e 42 dias, aplicada imediatamente após os cortes (Estrada et al., 2003, Camargo Filho et al., 2004).

De junho de 1998 a dezembro de 2001 essas parcelas foram novamente incorporadas à área de manejo de eqüídeos da Pesagro-Rio/EES, em sistema de pastejo intermitente, sem afixar o período de utilização, o intervalo de descanso e a lotação animal. Eventualmente a área foi pastejada por bezerras, novilhas e vacas secas de aptidão leiteira. Durante este período não houve aplicação de adubos.

3.4 Instalação do Experimento

Em janeiro de 2002, as cercas externas foram reforçadas, com a troca do arame farpado, para evitar a entrada de animais na área experimental, e o acesso ao pasto foi lacrado. A área excedente, que permaneceu ocupada com o capim-Tifton-85, foi também vedada para os animais, sendo reservada para a produção de mudas.

O experimento foi instalado em 12 de fevereiro de 2002, a partir das parcelas experimentais estabelecidas em 1997. Para tal, procedeu-se a delimitação de quatro áreas contíguas com dimensões de 5 x 8 m, ocupadas por cada um dos capins estudados. As parcelas foram delimitadas por meio de cerca eletrificada. Entre cada parcela (capim) havia um corredor com 1,0 m de largura. Em cada parcela de capim, foi delimitada uma faixa de 0,5 m nos quatro lados, que serviu como bordadura, portanto a área útil experimental foi de 4 x 7 m (28 m²) (Figura 5). Para evitar que os estolões de um dado capim (tratamento) invadissem o tratamento adjacente, a cada quatro semanas no período chuvoso e a cada seis semanas no período seco, os corredores internos e externos eram capinados.

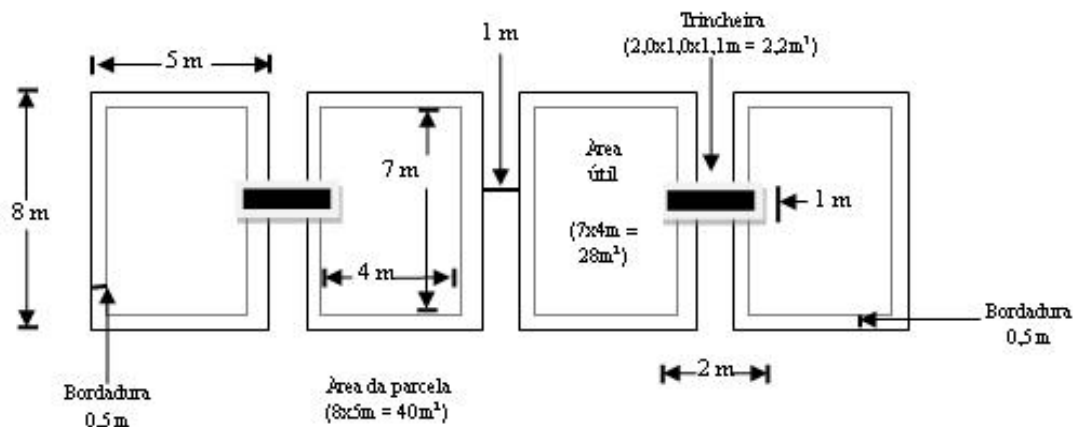


Figura 5. Croqui da área experimental.

3.5 Fertilização

Em 12 de fevereiro de 2002 procedeu-se um corte de uniformização, a uma altura de 0,05-0,10 m com auxílio de uma roçadeira costal. Em seguida as parcelas receberam doses equivalentes a 50 Kg N, 40 kg P₂O₅ e 50 kg K₂O ha⁻¹, na forma de uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. Todos os adubos foram aplicados a lanço sem nenhum tipo de incorporação.

3.6 Delineamento Experimental

O experimento consistiu na combinação de quatro tratamentos (capins) e oito épocas de amostragem, as quais foram tratadas como repetição no tempo.

A escolha do período entre os cortes (42 dias), utilizado neste trabalho, foi baseada em observações realizadas por Souza (1998) e Estrada et al., (2003), que, trabalhando com essas forrageiras na Estação Experimental de Seropédica (Pesagro-Rio), determinaram que o período de maior acumulação de matéria seca, sem que houvesse perda significativa da composição química da forragem, situava-se entre 35 e 42 dias de crescimento e/ou rebrota.

Cada tratamento (capim) foi alocado em uma única parcela (área total de 40 m²; e área útil de 28 m²), portanto as quatro repetições por capim de 0,25 m² de parte aérea foram coletadas na mesma parcela de 28 m² e as duas repetições por capim do sistema radicular na mesma trincheira. As amostragens foram feitas sempre ao final de cada um dos oito períodos de 42 dias de rebrota, contados a partir do corte inicial, os quais foram tipificados como secos ou chuvosos segundo a condição climática predominante (Tabela 4).

Tabela 4. Períodos de crescimento, datas de amostragem e condição climática predominante dentro do período.

Período (n° de orden)	Data	Condição climática
1	13/02 a 26/03/02	Período chuvoso
2	27/03 a 07/05/02	Período seco
3	08/05 a 18/06/02	Período seco
4	19/06 a 30/07/02	Período seco
5	31/07 a 10/09/02	Período seco
6	11/09 a 22/10/02	Período seco
7	23/10 a 03/12/02	Período chuvoso
8	04/12 a 14/01/03	Período chuvoso

3.7 Variáveis Estudadas

Ao longo do trabalho, foram relacionados dados de produção de massa fresca e seca e concentração e acúmulo de nutrientes [nitrogênio (N), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg)], tanto na parte aérea, como no sistema radicular. Na parte aérea foram determinados, ainda, alguns parâmetros da fração fibrosa [fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (Lig)], relacionados à composição química da forragem.

3.7.1 Parte aérea

- **Massa fresca da parte aérea (MFPA).** Corresponde aos valores médios de quatro amostras de massa verde total, cortada a uma altura média de 0,07 m. Cada amostra de forragem (0,25 m²) foi multiplicada por quatro e expressa em g m⁻² ou t ha⁻¹.

- **Massa seca da parte aérea (MSPA).** Corresponde aos valores da massa seca total, expressa em g m⁻² ou t ha⁻¹. Representa o valor numérico da MFPA após secagem em estufa com circulação forçada de ar a 55°C por 72-96 horas, multiplicado pelo valor numérico de uma amostra moída colocada em estufa a 105°C por 16 horas.

As análises para determinação da concentração dos nutrientes e da fração fibrosa foram feitas a partir das amostras secas a 60°C e moídas, sendo em seguida corrigidos seus valores para 105°C.

- **Concentração de nutrientes (N; P; Ca²⁺ e Mg²⁺) na parte aérea.** Representa a concentração média de cada nutriente contido em uma sub-amostra representativa da MSPA, expressa em g kg⁻¹.

- **Acúmulo de nutrientes (N; P; Ca²⁺ e Mg²⁺) na parte aérea.** Representa a quantidade de cada nutriente existente na pastagem por unidade de superfície de terreno, calculada através da expressão:

$$\text{Acúmulo (kg m}^{-2}\text{)} = \text{Concentração de nutriente (g kg}^{-1}\text{)} \times \text{MSPA (g m}^{-2}\text{)} \text{ (Equação 1)}$$

- **Concentração dos constituintes da parede celular (FDN; FDA e Lig) na parte aérea.** Representa a concentração média de contido em uma sub-amostra representativa da MSPA, expressa como g kg⁻¹.

3.7.2 Raízes

- **Massa seca de raízes (MSR).** Corresponde aos valores da massa seca das raízes recuperadas a partir de um volume fixo de terra (monolito metálico), expressa em g dm^{-3} ou g m^{-2} .

- **Comprimento radicular (CR).** Corresponde aos valores de comprimento total (eixos radiculares primários e laterais associados) das raízes recuperadas, a partir daquelas contidas em um monolito metálico, extraído a uma dada profundidade do perfil. Unidade: cm dm^{-3} ou cm m^{-2} .

- **Área radicular planar (ARp).** Corresponde aos valores de área superficial (bidimensional) dos eixos radiculares primários e laterais associados das raízes recuperadas, a partir daquelas contidas em um monolito metálico, extraído a uma dada profundidade do perfil. Unidade: $\text{cm}^{-2} \text{dm}^{-3}$ ou $\text{cm}^{-2} \text{m}^{-2}$.

- **Concentração de nutrientes (N; P; Ca^{2+} e Mg^{2+}) nas raízes.** Representa a concentração média de cada nutriente contido em uma sub-amostra representativa da MSR, expressa em g kg^{-1} .

- **Acúmulo de nutrientes (N; P; Ca^{2+} e Mg^{2+}) nas raízes.** Representa a quantidade de cada nutriente existente nas raízes por unidade de superfície de terreno, calculada através da expressão 1, expressa em g m^{-2} .

3.8 Procedimentos Experimentais

3.8.1 Massa seca da parte aérea.

A MSPA, considerada neste trabalho como massa de forragem, foi obtida a partir de quatro amostras por parcela, coletadas com auxílio da delimitação de aro de ferro com $0,25 \text{ m}^2$ de área interna ($\square = 0,564 \text{ m}$), cortada manualmente com tesoura a uma altura de $0,05\text{-}0,10 \text{ m}$ (média = $0,07 \text{ m}$). A coleta dessas amostras iniciava-se por volta de 7:30 horas, sendo, portanto, realizada após a dissipação do orvalho, aproveitando um período matinal mais ameno, em termos de temperatura do ar.

Logo após a coleta, as amostras foram acondicionadas em saco de papel e conservadas à sombra. O tempo máximo entre a colheita e o transporte ao laboratório foi de uma hora. No laboratório, as amostras foram imediatamente pesadas, em balança com duas casas decimais. A seguir, retirou-se, de cada amostra, uma subamostra com aproximadamente 20 a 25% do peso da massa fresca total, para a determinação de seu teor de massa seca. Para tal, as subamostras foram postas a secar em estufa com circulação forçada de ar a 55°C , até atingirem peso constante, o que exigiu um tempo de secagem variável entre 72 e 96 horas.

As subamostras secas foram levadas para moagem em moinho tipo Willey com diâmetro de malha de $1,0 \text{ mm}$. Uma parte do material obtido após a moagem foi acondicionado em recipientes de vidro opaco e reservado para as análises bromatológicas (itens 3.9.2 e 3.9.3), sendo o restante destinado à determinação da matéria seca total, em estufa a 105°C por 16 horas.

A partir desses valores, foi possível estimar: MFPA (g m^{-2}); MSPA (g m^{-2}); assim como a percentagem de massa seca da pastagem ($[\text{MSPA}/\text{MFPA}] \times 100$).

3.8.2 Teor de nutrientes da parte aérea.

As análises de nitrogênio foram feitas no Laboratório de Nutrição Animal da Pesagro-Rio/LBA. A análise quantitativa do teor de nitrogênio foi realizada, utilizando-se procedimento do semi-micro Kjeldhal (AOAC, 1995), segundo as modificações descritas por Silva e Queiroz (2002).

Para a determinação dos minerais; P, Ca e Mg, pesaram-se 200 mg de cada amostra, para se proceder a mineralização por via úmida, método da digestão nitroperclórica, realizada na Embrapa/Solos. As concentrações de P nos extratos foram determinadas por colorimetria; e as de Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica.

3.8.3 Teores de fibra e lignina da parte aérea.

A determinação dos constituintes da parede celular dos capins foi realizada no Laboratório de Nutrição Animal da Pesagro-Rio/LBA, em Niterói, RJ. Todos os procedimentos a seguir foram realizados segundo a descrição feita por Silva e Queiroz (2002), com base nos métodos abaixo citados.

Cada amostra foi acondicionada em Becker e aquecida a 105°C em um digestor de fibra, utilizando-se um detergente neutro que solubiliza o conteúdo celular, restando a parede celular, chamada de FDN. Esse resíduo foi levado para secar em estufa com circulação forçada de ar a 55°C, até atingirem peso constante e pesados em balança com precisão de 0,1 mg. A parede celular é o FDN, e o conteúdo celular foi solubilizado na digestão com detergente neutro.

Outra amostra sofreu o mesmo processo de aquecimento e digestão, utilizando nesta fase um detergente ácido, que solubilizou o conteúdo celular e a hemicelulose, além de parte da proteína insolúvel, obtendo-se um resíduo insolúvel em ácido, chamado FDA, constituído em sua quase totalidade por lignina e celulose. A este resíduo, procedeu-se a secagem e pesagem em balança com precisão de 0,1 mg. Após a determinação da FDA, ao resíduo foi adicionado o reagente permanganato de potássio (KMnO₄) que solubilizou a lignina. A diferença gravimétrica entre a FDA e o resíduo submetido ao reagente permanganato de potássio representou a lignina (Lig), completando, dessa forma, o fracionamento dos constituintes da parede celular.

3.8.4 Procedimentos para estudo do sistema radicular.

A descrição completa do comportamento do enraizamento deve considerar as variações temporais na extensão vertical e horizontal do sistema radicular (Fisher e Dunham, 1984). No caso de pastagens de gramíneas estoloníferas de hábito prostrado, como as aqui estudadas, o seu padrão de dispersão superficial é tal, que as plantas estão muito próximas entre si, em todas as direções, de forma que a densidade radicular varia principalmente na direção vertical (Bengough et al., 2000). Essas considerações fundamentam a opção pela abertura de trincheiras, que funcionam como plano de observação dos padrões de enraizamento do pasto no perfil e permitem a extração seqüencial de amostras nas regiões de maior representatividade (van Noorwich et al., 2000).

• **Abertura de trincheiras e extração de amostras.** Como as parcelas estavam bastante uniformes, em termos de altura do relvado e ausência de invasoras, as trincheiras foram escavadas manualmente no centro do corredor entre duas parcelas adjacentes, conforme mostra a Figura 5. A escavação foi finalizada ao se atingir as seguintes dimensões: em profundidade; 1,1 m, em superfície; 1,1 m (largura) e 3,0 m (comprimento). A terra removida foi retirada da área experimental, deixando-se apenas um montículo de 0,2 m de altura,

afastado 0,5 m do bordo da trincheira, no sentido do comprimento, com a finalidade de impedir a entrada de água de chuva.

Após a abertura, as paredes do perfil foram niveladas com auxílio de pá reta e um gabarito de madeira, de forma a deixá-las lisas e verticais (Böhm, 1979).

Para proceder a coleta das amostras, inicialmente afixou-se em cada uma das paredes laterais uma moldura, de forma retangular, subdivida verticalmente por barras de madeira definindo seções de 0,1 x 0,2 m. A extração das amostras era feita, então, por meio do encaixe, em cada uma dessas seções, de um monolito de ferro com dimensões de 0,1 x 0,2 x 0,05 m, com auxílio de marreta de 2 kg. O volume de terra excedente, extraído junto com o monolito, era removido com auxílio de uma espátula, eliminando-se também, com uma tesoura, as raízes sobressalentes. Cada amostra contida na área interna dos monólitos foi acondicionada em sacos plásticos e levada à sombra em um galpão, onde permaneceu por algumas horas até se processar a lavagem e separação das raízes.

Após a extração das amostras, a superfície da trincheira foi tampada com uma folha de compensado de 10 mm, permanecendo assim até a véspera da próxima amostragem. Em cada coleta sucessiva, foi feita uma escarificação da parede do perfil, com auxílio de uma pá reta, removendo-se aproximadamente 0,05 m da superfície exposta, visando a eliminar raízes mortas por corte ou dessecação. Este procedimento de coleta foi repetido duas vezes em cada plano de observação, obtendo-se, portanto, um total de 20 amostras por capim e época de amostragem (2 colunas x 10 profundidades).

• **Lavagem e separação de amostras.** A lavagem das raízes foi feita manualmente através de uma adaptação da técnica de decantação-flotação (Schuurman e Goedewaagen, 1971).

Inicialmente, as amostras foram colocadas em baldes de 10 litros, e as raízes visíveis eram coletadas manualmente e depositadas sobre peneiras de 2,0 e 0,25 mm, sob um jato suave de água corrente. A seguir, adicionou-se água corrente, e a massa foi agitada manualmente, com um cabo de madeira, para permitir que as raízes e seus fragmentos ficassem em suspensão, permitindo a sua separação por peneiramento. Este processo foi repetido até a completa separação das raízes visíveis no sobrenadante, o que demandou de três a sete ciclos por amostra. Em geral, as camadas inferiores demandaram menos ciclos que as camadas superiores. Nas amostras provenientes das camadas superiores do perfil (0-0,2 m), foram tomados cuidados especiais para a separação de impurezas, tais como resíduos de parte aérea e liteira. Este processo foi feito por uma seqüência de lavagem, decantação e catação manual dos detritos maiores, complementada com auxílio de pinças cirúrgicas para a retirada das partículas menores.

• **Digitalização das imagens.** As raízes lavadas e recuperadas na peneira de 2,0 mm foram transferidas para bandejas plásticas (0,22 x 0,32 m) para proceder à obtenção de sua imagem digital.

A digitalização das imagens foi feita em um scanner da marca HP3400. Os eixos radiculares foram dispostos sobre uma folha de transparência, em seguida colocados sobre o vidro do scanner e, quando necessário, foram afastados com pinça, evitando-se a sua sobreposição. Sobre as raízes foi colocada uma folha de papel branca tipo A4, para produzir um contraste de fundo. As imagens foram digitalizadas com uma resolução de 300 dpi em tons de cinza (gray scale) com 8-bit. De acordo com Jorge (1996), essa resolução (300 dpi) objetiva reduzir o tamanho do arquivo de imagem para um melhor funcionamento do *software* SIARCS®.

• **Processamento das imagens.** O processamento das imagens dividiu-se em duas etapas. Na etapa de pré-processamento, foi usado o *software* de edição de imagens Paint – Microsoft® Windows® V. 4.0, para correção de fundo e brilho, através da ferramenta de ajuste de brilho-contraste-intensidade. Foi também usada uma ferramenta de borracha para a eliminação de bordas e sombreamentos.

Após esta etapa, as imagens foram processadas no *software* SIARCS 3.0® (Sistema integrado de análise de raízes e cobertura do solo – Embrapa-CNPDIA®), para obtenção do comprimento e área radicular, segundo o procedimento descrito por Jorge e Crestana (1996).

• **Secagem, pesagem e moagem.** Após o preparo das amostras, as raízes foram colocadas em estufa com circulação forçada de ar a 60°C, durante um tempo de secagem variável entre 60 e 72 horas, até que atingissem peso constante. Após serem retiradas da estufa, as raízes foram depositadas em dessecador até atingir a temperatura ambiente e, em seguida, foram pesadas em balança com quatro casas decimais (0,1 mg).

As amostras secas foram levadas para moagem em moinho tipo Willey com diâmetro de malha de 1,0 mm. O material obtido foi acondicionado em recipientes de vidro opaco e reservado para a determinação dos teores de nutrientes.

3.8.5 Teores de nutrientes nas raízes.

As análises de nutrientes; N, P, Ca e Mg foram realizadas nos mesmos Laboratórios, seguindo a mesma metodologia descrita para a parte aérea (item 3.8.2, página 19).

3.8.6 Outras determinações

Nas mesmas datas em que foram coletadas a forragem e raízes da quarta e oitava avaliações, em 30/07/02 e 14/01/03, respectivamente, também foram coletadas amostras de solo em cada um dos tratamentos para avaliar o efeito das espécies forrageiras sobre algumas propriedades físicas e químicas do solo.

3.9 Análises Estatísticas

Todos os procedimentos estatísticos seguiram as especificações contidas no programa GraphPad Prism® versão 4.0 para Windows® (Motulsky, 2003). Para verificar a aderência dos erros experimentais à normalidade, o programa analisa os desvios da distribuição gaussiana, fornecendo um valor de P para a aproximação proposta por Dallal e Wilkinson (American Statistician, v.40, p.294-296, 1986) ao método de Lilliefors (1976). Os dados também foram submetidos ao teste de Bartlett, para verificação da hipótese de homogeneidade de distribuição (homocedastia) das variâncias dos erros amostrais.

Todos os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), considerando-se dois fatores: capim e data de amostragem (limite de cada período de rebrota de 42 dias). Desde que ambos os fatores foram pré-determinados, foi utilizado um modelo com variáveis fixas (ANOVA tipo I, Neter et al., 1990):

$$y_{ijk} = \mu + c_i + v_j + cv_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

onde: μ = média amostral dos parâmetros avaliados;

c_i = efeito da data de amostragem;

v_j = efeito do capim;

cv_{ij} = efeito da interação data de amostragem x capim;

ε_{ijk} = efeito do erro experimental.

Todavia, há que se considerar que, pela sistemática de amostragem adotada, um mesmo fator (capim) foi repetidamente “tratado” no tempo. Portanto a ANOVA foi executada utilizando-se a modalidade de medidas repetidas (“Repeated-measures two-way ANOVA”). Após verificar a significação estatística dos fatores, da sua interação e do encadeamento pelo teste “F”, o programa utiliza o método de Bonferroni como teste padrão para comparações múltiplas. Para cada ponto temporal, o programa calcula um valor t , utilizado para determinar a significação dos contrastes entre qualquer par de médias, cuja expressão é (Neter et al., 1990):

$$t = \frac{\text{média}_1 - \text{média}_2}{\sqrt{QM_{\text{res}}(1/N_1 + 1/N_2)}}$$

Em que N = número de repetições e QM_{res} = quadrado médio do resíduo.

É interessante observar que este teste, embora de simples execução e interpretação, é de natureza bastante conservativa, o que aumenta a propensão a cometer erro tipo II, ou seja, não atribuir significação estatística a uma diferença entre médias, quando realmente existe diferença de fato (Motulsky, 2003).

Para a análise comparativa dos dados de raízes relativos à distribuição em profundidade, os mesmos foram expressos na forma de distribuição fracionária (DF), ou seja, como valores cumulativos entre 0 e 1. Essa forma de expressão, além de contribuir para a normalização dos dados, remove diferenças intrínsecas, de natureza genotípica (Laboski et al., 1998). Os correspondentes valores de DF, para cada espécie, foram ajustados, por técnica de regressão não linear, ao modelo proposto por Gale e Grigal (1987) baseado na seguinte equação assintótica:

$$DF = 1 - \beta^z$$

Em que DF é a distribuição cumulativa fracionária da biomassa ou o comprimento radicular, desde a superfície até a profundidade z (expressa em centímetros), e β representa um “coeficiente de extinção” ajustado. De acordo com Jackson et al. (1996), que utilizaram esse modelo para comparar distribuições radiculares de biomas terrestres em escala global, a equação resume características importantes da distribuição da massa ou comprimento radicular em um único índice numérico. Altos valores de β (por. ex. 0,98) correspondem a uma maior proporção do atributo radicular em profundidade, enquanto que um baixo valor de β (por ex. 0,90) indica uma maior proporção do sistema radicular próxima à superfície do solo. Para efeitos do presente trabalho, somente foram consideradas aquelas distribuições, entre espécies, que apresentaram resultados significativos pela ANOVA. Ainda, dentro dessas, foram selecionadas aquelas correspondentes aos períodos “pico” (o n°. 6, mais seco e n°. 8, com as maiores quantidades de chuvas).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dado que o crescimento do pasto é regulado, em grande parte, pelas condições ambientais, considerou-se necessário iniciar este capítulo apresentando os valores das variáveis climáticas vigentes durante o período experimental.

4.1 Condições Climáticas

A precipitação pluviométrica acumulada, entre fevereiro de 2002 e janeiro de 2003, foi de 1.249 mm, próxima a 1.225 mm, valor médio anual, estimado por Martorano et al., (1997) com base em 37 anos de registros (1960-1996) coletados na Estação Ecologia Agrícola – Inmet/Pesagro-Rio (Figura 6).

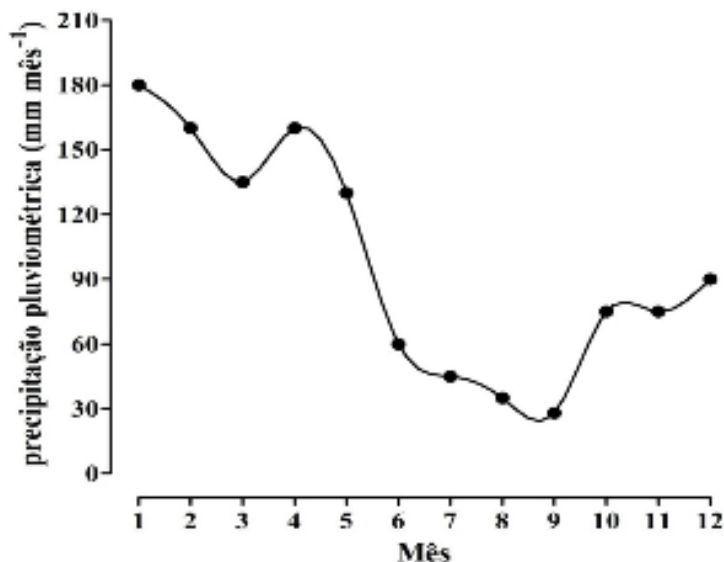


Figura 6. Precipitação pluviométrica média mensal registrada na Estação Ecologia, durante o período 1960-1996 (Martorano et al., 1997)

Os dados contidos na Figura 7 apresentam informações de precipitação pluviométrica, temperaturas e umidade relativa do ar discriminada segundo os sucessivos períodos de experimentação.

A distribuição das chuvas mostrou dois picos de máxima concentração, nos períodos 1 e 8, dentro da estação chuvosa (Figura 7A), com chuvas médias de 3,2 e 6,8 mm dia⁻¹ período⁻¹, respectivamente (Tabela 38, página 91). As menores precipitações ocorreram, como era de se esperar, nos meses mais secos do ano, com mínimos de 67 e 40 mm, entre os períodos 3 e 6 (Figura 7A), respectivamente, ou seja, pouco mais que um 1 mm dia⁻¹ período⁻¹ (Tabela 38). Nesses períodos foram registradas as maiores durações das estiagens (23 dias, Figura 7D). Outra forma de evidenciar a distribuição irregular das chuvas é a observação de que, entre o segundo e sexto períodos de crescimento das gramíneas, o número de dias sem chuvas (não consecutivos) foi sempre maior que 30, sendo particularmente secos os períodos 3 (36 dias sem chuva) e 4 (35 dias sem chuvas, com dois períodos sucessivos de duas semanas de duração) (Figura 7 e Tabela 38).

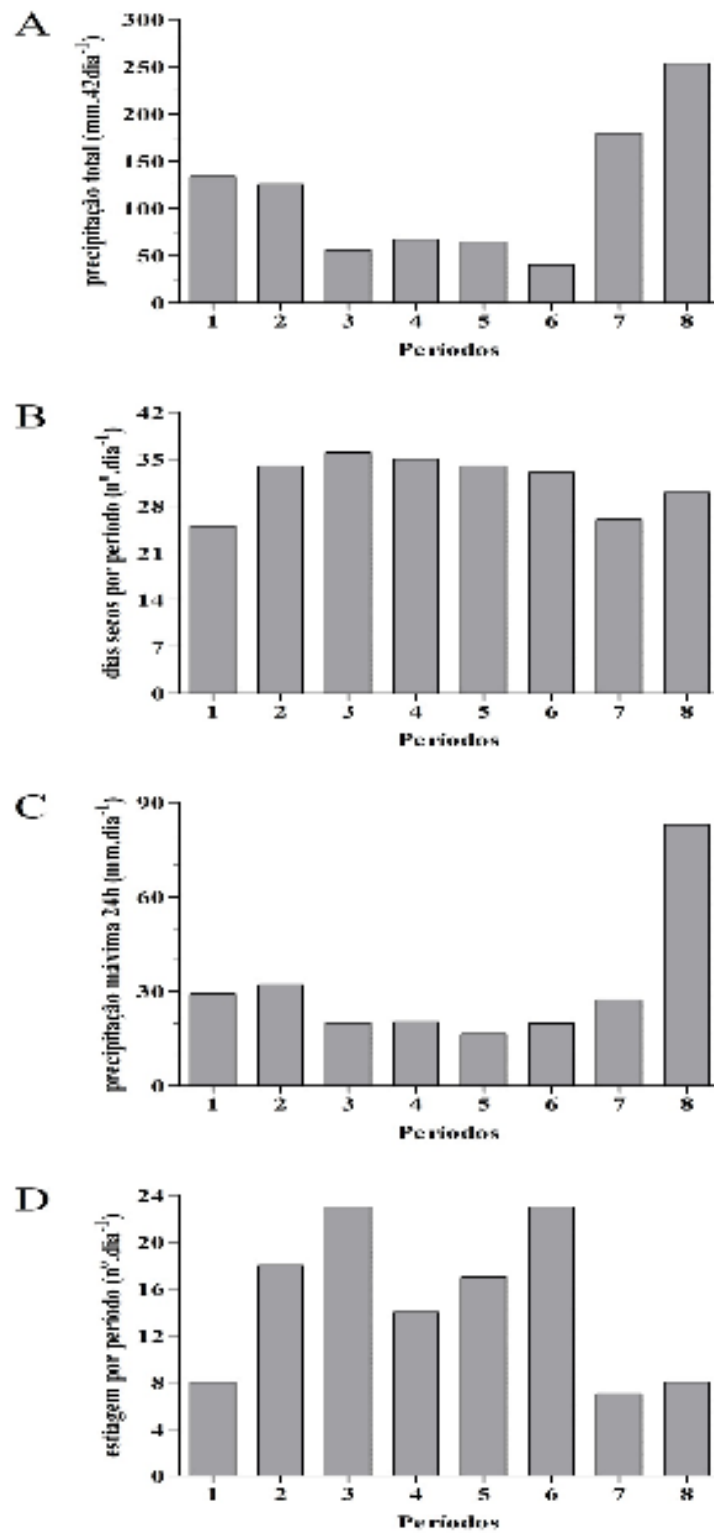


Figura 7. Algumas características climáticas de ocorrência local experimental entre 12/02/02 e 14/01/03, em função de períodos de amostragem. **A:** precipitação total; **B:** número de dias sem chuva; **C:** precipitação máxima em 24 horas e **D:** duração máxima de período seco. Fonte: Estação Ecologia Agrícola – Pesagro-Rio – Seropédica – RJ.

Uma característica do sistema climático local é o fato de períodos de estiagem mais ou menos prolongados serem finalizados abruptamente por chuvas torrenciais de alto poder erosivo (Martorano et al., 1997). A Figura 7C ilustra uma situação mais o menos típica, no período 8, com a ocorrência de uma chuva máxima de 83 mm dia⁻¹.

Considerando a precipitação conjuntamente com a duração da estiagem em cada um dos períodos, considerou-se o período 2 como seco, pois, apesar de ter havido precipitação suficiente para crescimento da planta, a distribuição das chuvas foi muito irregular, apresentando um período de estiagem de 17 dias.

Com relação às temperaturas do ar, o período mais quente foi o compreendido entre 12/02 e 26/03/02, com 32,4 e 22,0°C para a média das máximas e mínimas, respectivamente. O período mais frio ocorreu entre 19/06 e 30/07/02, com 25,3 e 16,2°C, respectivamente, para a média das máximas e mínimas (Tabela 38, página 91). Em somente dez dias, distribuídos nos períodos 3, 4 e 5, a temperatura mínima do ar foi inferior à temperatura base dos capins estudados, estimada em torno de 14°C, para os capins *Cynodon* e *Digitaria* (Mansfield et al., 1990). Os períodos com maiores déficits de saturação de umidade relativa do ar foram o quinto e o sexto (66,3 e 65,9%, respectivamente), o que é concordante com as baixas precipitações e temperaturas neles registradas (Tabela 38).

Verificou-se, com base nos dados climáticos, que a principal limitação climática ao crescimento das plantas foi primariamente a distribuição irregular das chuvas durante o período experimental, com períodos secos relativamente extensos, e secundariamente, a ocorrência de baixas temperaturas inverniais.

4.2 Produção de Fitomassa da Parte Aérea.

4.2.1 Massa fresca.

Para produção de massa fresca da parte aérea (MFPA) houve efeito para capim ($p = 0,0016$) e período ($p < 0,0001$), enquanto que não houve efeito para interação ($p = 0,1007$) nem para as medidas repetidas no tempo ($p = 0,1618$) (Tabela 25, Anexo B, página 83). É provável que este último resultado, que também se manifestou nas demais variáveis da parte aérea, seja devido à metodologia utilizada, na qual a altura dos relvados era uniformizada por corte, a cada 42 dias, minimizando-se, assim, a possibilidade de interdependência dessas medições, na sua repetição no tempo. A maior parte da variabilidade experimental para MFPA esteve associada aos períodos (90%), ou, de outra forma, às oscilações climáticas, traduzidas em menores produções nos períodos de estiagem (Tabela 25), que foram especialmente rigorosos nos meses de julho e setembro (Tabela 5).

No relativo à distribuição sazonal da produtividade dos capins, observou-se que, entre o primeiro e o quinto período, para todos os capins, valores decrescentes em cada corte (Tabela 5), com uma redução média de 296 g de MFPA m⁻² corte⁻¹, refletindo o progressivo declínio sazonal da temperatura do ar e da umidade disponível (Tabela 38). No outro extremo, os máximos de produção foram registrados no mês de janeiro de 2003, muito provavelmente em decorrência de precipitações acima das normais para o período (Figura 7). Esse efeito da sazonalidade climática na produção de MFPA está ilustrado na Figura 8, a qual foi inserida apenas para facilitar a visualização dos dados.

Tabela 5. Produção de massa fresca de forragem ($\text{g m}^{-2} \text{ corte}^{-1}$) dos capins Estrela Porto Rico (EPR); Tifton-85 (T85); suázi (SU) e Transvala (TV).

Capim	Período								Média
	1	2	3	4	5	6	7	8	
EPR	1926	1151	793	603	402	678	1346	1962	1108 _b
T85	2212	1267	780	556	463	602	1651	2380	1239 _a
SU	1742	980	715	539	390	482	1212	1982	1005 _c
TV	1726	944	699	531	438	556	1191	1931	1002 _c
Média	1902 _B	1085 _D	747 _E	557 _F	423 _G	580 _F	1350 _C	2064 _A	

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula, dentro da linha ou minúscula, dentro de coluna, não diferem significativamente. (Bonferroni, $p < 0,05$). Período 1: 13/02 a 26/03/02; período 2: 27/03 a 07/05/02; período 3: 08/05 a 18/06/02; período 4: 19/06 a 30/07/02; período 5: 31/07 a 10/09/02; período 6: 11/09 a 22/10/02; período 7: 23/10 a 03/12/02 e período 8: 04/12 a 14/01/03.

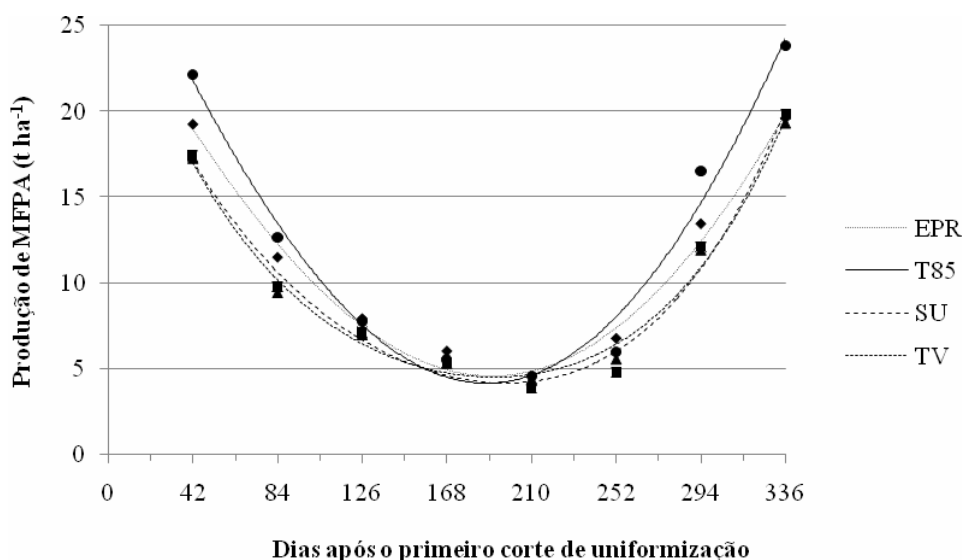


Figura 8. Produção de massa fresca de forragem dos capins Estrela Porto Rico (EPR); Tifton-85 (T85); suázi (SU) e Transvala (TV), durante 336 dias, de fevereiro de 2002 a janeiro de 2003.

Verifica-se na Tabela 5 que no período seco (principalmente do período 3 ao 6) as diferenças entre os capins foram menores que no período chuvoso (períodos 1, 7 e 8). De fato, a média inter-genotípica para a produção de forragem fresca de fevereiro de 2002 a janeiro de 2003 foi de $10,9 \pm 1,12 \text{ t ha}^{-1}$ ($1090 \pm 112 \text{ g m}^{-2}$), sendo a média do período seco (períodos 2 a 6) $679 \pm 245 \text{ g m}^{-2}$ e do período chuvoso de $1772 \pm 374 \text{ g m}^{-2}$.

4.2.2 Massa seca

A ANOVA referente à produção massa seca da parte aérea (MSPA) indicou efeitos altamente significativos para os fatores capim ($p = 0,0011$), período ($p < 0,0001$) e para a interação ($p = 0,0111$) (Tabela 26, Anexo B, página 83). Como ocorreu para a MFPFA, a maior parte da variabilidade experimental da MSPA esteve associada aos períodos de crescimento (85%). A Tabela 6 apresenta o resultado do desdobramento da interação capim por período.

Tabela 6. Produção de massa seca de forragem ($\text{g m}^{-2} \text{ corte}^{-1}$) dos capins Estrela Porto Rico, Tifton-85, suázi e Transvala.

Capim	Período							
	1	2	3	4	5	6	7	8
EPR	400Aa	252Bab	177Ca	137CDa	92Da	143CDa	273Bab	391Ab
T85	445Aa	273Ca	171Da	121DEa	103Ea	135DEa	336Ba	473Aa
SU	321Ab	189BCbc	141Ca	107Ca	79Ca	97Ca	234Bb	372Ab
TV	317Ab	174BCc	133Ca	104Ca	87Ca	107Ca	221Bb	338Ab

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula, dentro da linha ou minúscula, dentro de coluna, não diferem significativamente. (Bonferroni, $p < 0,05$). Período 1: 13/02 a 26/03/02; período 2: 27/03 a 07/05/02; período 3: 08/05 a 18/06/02; período 4: 19/06 a 30/07/02; período 5: 31/07 a 10/09/02; período 6: 11/09 a 22/10/02; período 7: 23/10 a 03/12/02 e período 8: 04/12 a 14/01/03. EPR: capim-Estrela Porto Rico; T85: capim-Tifton-85; SU: capim-suázi e TV: capim-Transvala.

Com relação à interação, houve respostas diferenciadas nos períodos 1, 2, 7 e 8. Nesses períodos, a produção de MSPA do capim-Tifton-85 produziu mais massa seca do que as digitárias. Já a espécie *C. nlemfuensis* produziu mais MSPA que o capim-Transvala apenas no primeiro e segundo períodos de corte (Tabela 6 e Figura 9). O maior acúmulo médio de MSPA das pastagens foi verificado no período 8 (03/12/02 a 14/01/03), com $393 \text{ g de MS m}^{-2}$, enquanto que a menor produção ($90 \text{ g de MS m}^{-2}$) correspondeu ao período 5.

De forma similar ao observado com a MFPA, houve menor amplitude de variação nas produções médias entre os capins estudados, que oscilaram entre 26 e $19 \text{ g MS m}^{-2} \text{ corte}^{-1}$, para o Tifton-85 e as digitárias, respectivamente. De fato, a média inter-genotípica para a produção de forragem seca (nos oito cortes) foi de $217,0 \pm 34,0 \text{ g m}^{-2}$. A taxa de acumulação diária média, durante 336 dias, foi: $5,5$; $6,1$; $4,6$ e $4,4 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ($0,055$; $0,061$; $0,046$ e $0,044 \text{ t ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) para os capins Estrela, Tifton-85, suazi e Transvala, respectivamente.

Para todas as gramíneas foi verificado que a menor produtividade ocorreu no quarto e quinto períodos, em torno de 187 dias após o primeiro corte de uniformização, que corresponde à segunda semana de agosto. A média interespecífica para a produção de MSPA (nas quatro espécies) foi de $2,17 \pm 1,17 \text{ t ha}^{-1}$, implicando que o desvio padrão referente ao efeito associado à condição climática resultou três vezes maior que o associado a plasticidade fenotípica ($1,17$ versus $0,34 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente).

No relativo à variação na taxa de acumulação diária de massa seca, verificou-se que, do primeiro ao quinto período, a mesma foi decrescente, para todos os capins (95 e $22 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, para o EPR; 106 e $24 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, para o T85; 77 e $19 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, para o SU e 75 e $21 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, para o TV), enquanto que, do sexto ao oitavo, a taxa foi crescente (34 e $93 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, para o EPR; 32 e $113 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, para o T85; 23 e $89 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, para o SU e 26 e $80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, para o TV). Vilela e Alvim, (1996 e 1998); Castro et al., (1999); Evangelista et al., (2000); Bortolo et al., (2001); Carnevalli et al., (2001); Fontaneli et al., (2004) trabalharam com outras espécies de *Cynodon*, encontrando valores nas mesmas faixas descritas na Tabela 1.

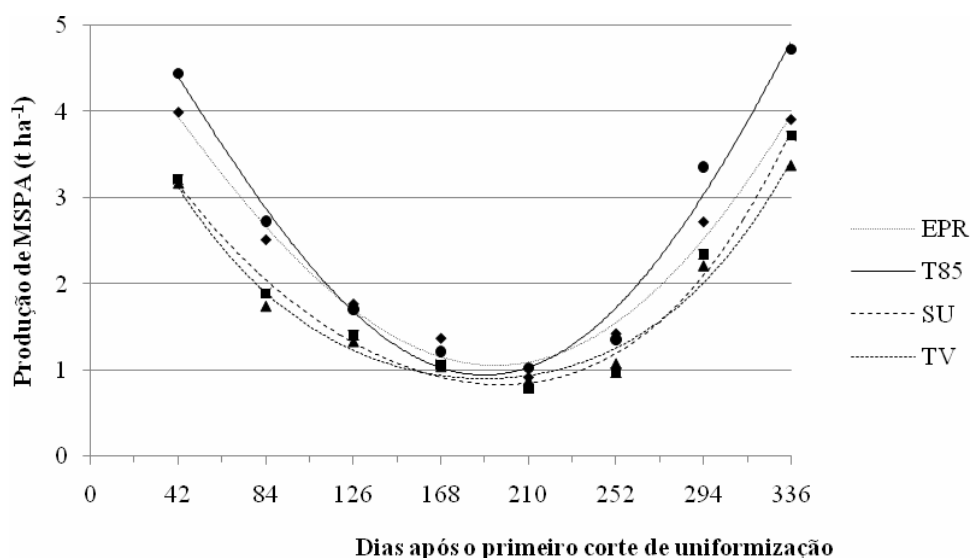


Figura 9. Produção de massa seca de forragem ($t\ ha^{-1}$) dos capins Estrela Porto Rico (EPR); Tifton-85 (T85); suázi (SU) e Transvala (TV), durante 336 dias, de fevereiro de 2002 a janeiro de 2003

Na Pesagro-Rio/EES, produções de MSPA por corte a intervalos de 42 dias foram relatadas por Souza (1998), com produção nas águas variando de $3,1$ a $3,9\ t\ ha^{-1}$, e por Camargo Filho et al. (2004), com produção de $3,5\ t\ ha^{-1}$ para o Transvala. Em Itapetininga, Haddad et al. (1999), relataram produção mais elevadas aos 40 dias, de $9,4\ t\ ha^{-1}$ para o Transvala, e em Seropédica, Estrada et al. (2003) relataram produções entre $4,5$ e $6,3\ t\ ha^{-1}$, também com 42 dias de intervalo após o corte de uniformização. Já em Lavras, Dias et al. (1998 e 2000), a intervalos de 28 dias, obtiveram, no período chuvoso, produções variando entre $0,33$ e $2,06\ t\ ha^{-1}$ (Tabela 1, página 12).

As produções anuais de MSPA encontradas por Alvim et al. (2003), para o capim-Tifton-85 em Coronel Pacheco, foi de $11,5\ t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$, e por Aronovich et al. (1996), para os capins suázi e Transvala em Seropédica, foram de $25,5$ e $25,8\ t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$, respectivamente. A MSPA total produzida neste experimento para o Tifton-85, suázi e Transvala foi $20,6$; $15,4$ e $14,8\ t\ ha^{-1}\ 11\ meses^{-1}$, respectivamente (Tabela 1).

Para outras localidades do Brasil, as taxas de acúmulo diária de MSPA do Tifton-85 oscilaram entre $29,2$ e $105,6\ kg\ ha^{-1}\ dia^{-1}$ em Piracicaba, SP (Carvalho et al., 2001), nos períodos seco e chuvoso e, em Planaltina, DF, as taxas variaram de $73,4$ e $59,5\ kg\ ha^{-1}\ dia^{-1}$ para 41 dias de crescimento em agosto/setembro e novembro/janeiro, respectivamente (Marcelino et al., 2003) (Tabela 1). No presente trabalho, os valores mínimos e máximos para a taxa de acumulação diária do Tifton-85 foram de; 19 e $89\ kg\ ha^{-1}\ dia^{-1}$, registrados nos períodos 5 e 8, respectivamente (Tabela 6 e Figura 9).

4.3 Fitomassa Radicular: Acúmulo por Unidade de Superfície e Distribuição no Perfil.

Houve efeito na produção de massa radicular (MSR), para período ($p < 0,0001$) e para a variação das medidas repetidas no tempo ($p = 0,0207$), que explicaram, respectivamente, 45 e 6% da variabilidade experimental total (Tabela 27, Anexo B, página 83). A falta de significância para o efeito dos capins pelo teste F pode ter decorrido da alta variabilidade dos dados ($CV = 87\%$), conforme também descrito por Pagotto (2001) em estudo com variáveis do sistema radicular, que se expressou assim:

“a literatura existente para o estudo dos sistemas radiculares de plantas forrageiras tropicais, apesar de escassa, mostra variabilidade muito alta... dificilmente gerando significância entre tratamentos pela estatística tradicional. Desta maneira foram propostos padrões menos ortodoxos da significância... Considerou-se o nível de 7% de significância como significativo e até 20 % como tendência para os valores de probabilidade do teste F...”

Na realidade, o uso do computador nos cálculos estatísticos tem facilitado bastante as escolhas a serem feitas, uma vez que permite determinar o valor exato da probabilidade, e não apenas a opção tradicional (p maior ou menor que 5%). Com base nessas considerações, optou-se por aceitar a hipótese de diferença significativa entre os capins ao nível de $p = 0,059$.

Na Tabela 7 e Figura 10 são mostradas as produções de raízes das quatro gramíneas durante os oito períodos experimentais.

Tabela 7. Fitomassa seca radicular, à profundidade 1 m, dos capins Estrela Porto Rico (EPR), Tifton-85 (T85), suázi (SU) e Transvala (TV), em oito períodos de rebrota.

Capim	Massa seca radicular (MSR, g m ⁻²)								Média
	Período								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
EPR	442	423	341	246	208	300	437	494	361 _a
T85	336	240	313	271	189	271	364	421	301 _b
SU	284	209	177	197	121	164	283	280	214 _c
TV	330	304	293	250	183	225	302	362	281 _b

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula, dentro de coluna, não diferem significativamente, ao nível de $p=0,059$ (teste de Bonferroni). Período 1: 13/02 a 26/03/02; período 2: 27/03 a 07/05/02; período 3: 08/05 a 18/06/02; período 4: 19/06 a 30/07/02; período 5: 31/07 a 10/09/02; período 6: 11/09 a 22/10/02; período 7: 23/10 a 03/12/02 e período 8: 04/12 a 14/01/03. EPR: capim-Estrela Porto Rico; T85: capim-Tifton-85; SU: capim-suázi e TV: capim-Transvala.

Independentemente de períodos, houve uma tendência definida de maior acúmulo de MS nas raízes dos capins *Cynodon* (em média, 331 ± 43 g m⁻² período⁻¹, ou $78,8$ kg ha⁻² dia⁻¹) em relação aos *Digitaria* (em média, 248 ± 47 g m⁻² período⁻¹, ou $59,0$ kg ha⁻² dia⁻¹).

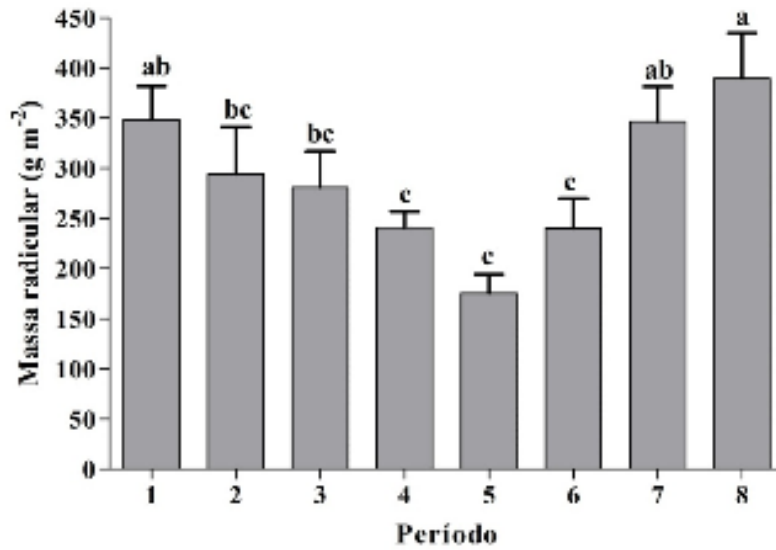


Figura 10. Fitomassa radicular (g m^{-2}) de plantas forrageiras submetidas a cortes, durante oito períodos.

Com relação aos períodos de crescimento, verificou-se que no período 8 houve uma produção de MSR superior ao dos cinco períodos de deficiência hídrica. Nos outros dois períodos chuvosos (1 e 7), houve maior produção de MSR, do que os três últimos períodos de estiagem (4, 5 e 6). Novamente aqui, a dependência e responsividade da fitomassa radicular, via alocação de fotoassimilados, dependem do nível de água disponível no perfil, um fator crítico, dada a limitada capacidade de retenção de umidade do solo utilizado no presente trabalho (Jaccoud e Castro, 1974).

Houve perda nas produções de MSR recuperadas até a profundidade de 1 m no período seco, sendo que as maiores perdas de massa radicular se referem às camadas superficiais, para todos os capins (Figura 11A, B, C e D). Neste período a perda de MSR (Tabela 7) foi menor que a ocorrida na MSPA (Tabela 6). Estas diferenças entre as produções de MS foram mais evidentes nos dois períodos seguintes ao do início do estresse hídrico, fato que também foi observado por Russel (1977); Fitter (1991); Gao et al. (1998); Crush et al. (2005 e 2007).

O primeiro período (Figura 11A) representa a produção de MSR do período chuvoso. Apesar da estiagem se iniciar no segundo período, verifica-se que, ainda no período 3 (Figura 11B), a produção de MSR é semelhante à do primeiro. Considerando as três camadas superficiais, somente no período 4 (Figura 11C) a MSR foi diminuída e a menor produção se estendeu até o sexto período (Figura 11D), que representa o final do período de estiagem. Essas observações são melhor visualizadas nas três camadas superficiais do solo. Por outro lado, a recuperação da MSR ocorre logo após o início do período chuvoso (Figura 12A e B).

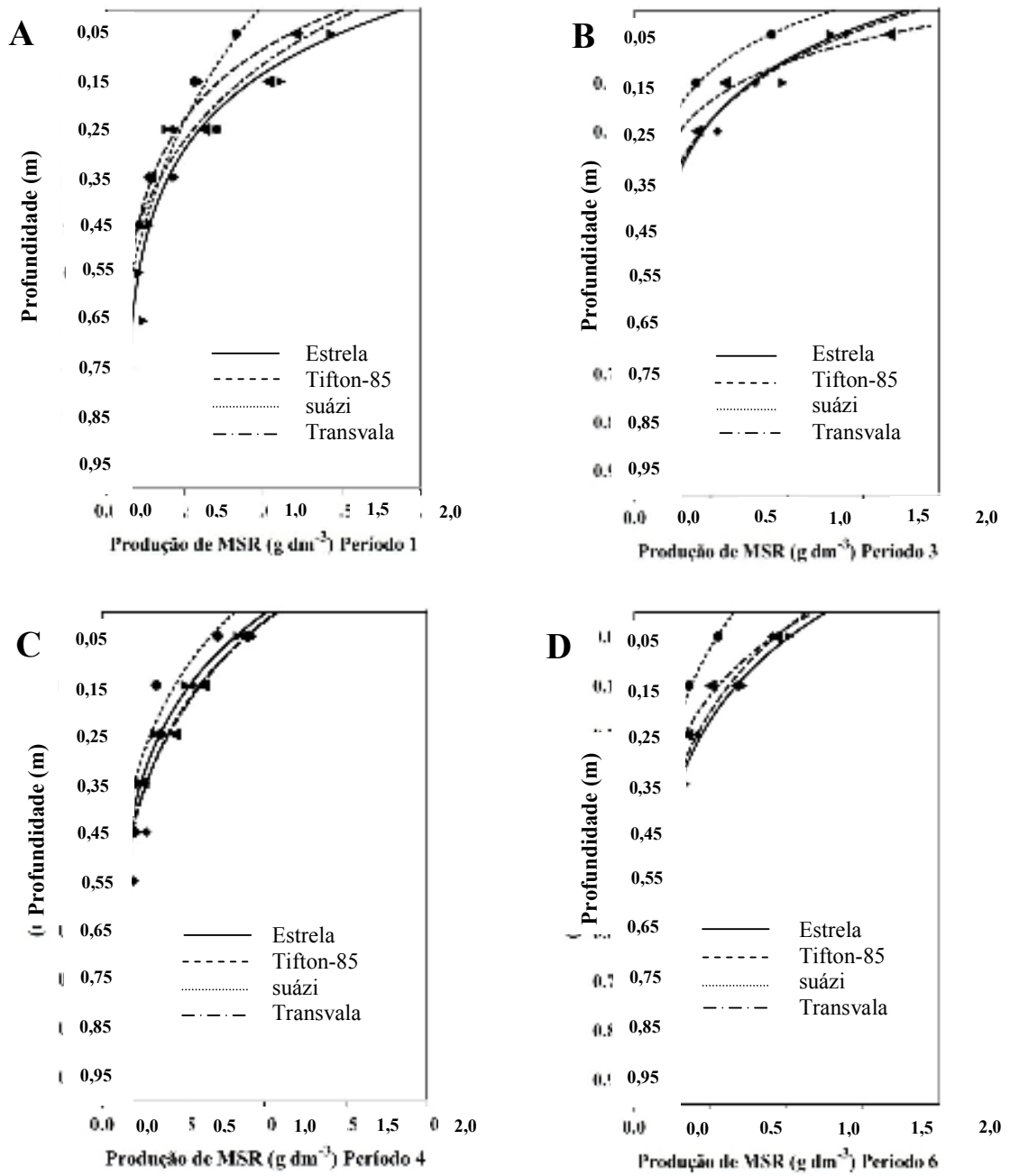


Figura 11. Produção de fitomassa radicular (MSR, g dm⁻³) de quatro forrageiras em quatro períodos. A = período 1; e B = período 3; C = período 4; e D = período 6.

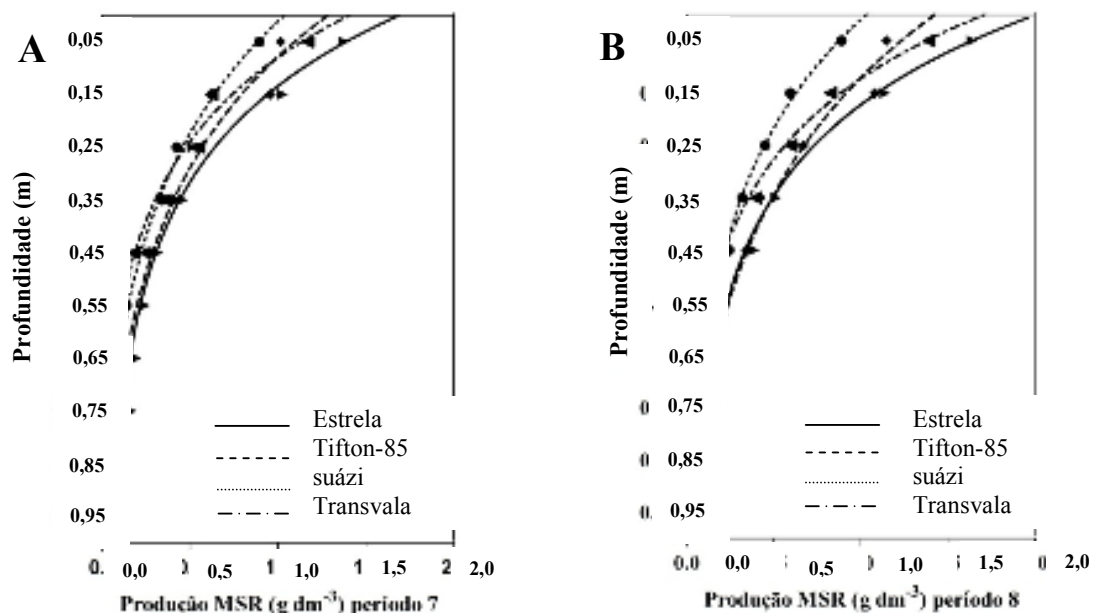


Figura 12. Produção de fitomassa radicular (MSR, g dm^{-3}) de quatro forrageiras em dois períodos chuvosos. A = período 7; e B = período 8.

A translocação de fotoassimilados da parte aérea para o sistema radicular ocorre assim que se inicia o período de chuvas (Crush et al., 2007). Verifica-se que, no período 7 (Figura 12A), logo no início do período chuvoso, a MSR aumentou em média 50% se comparado ao período anterior (período 6, Figura 11D) e, no período 8 (Figura 12B), em pleno mês de superávit hídrico (283 mm de chuva, Figura 6), não apresentou maior acúmulo de MSR do que o período 7.

Para termos de comparação, são mostrados, na Tabela 8, valores de produção de raízes dos gêneros *Cynodon*; *Paspalum*; *Brachiaria*; *Panicum* e *Saccharum*, obtidos em diversidade de condições ambientais e experimentais.

Observa-se que os resultados obtidos por Brasil et al. (2001) e Vasconcelos et al. (2003), que avaliaram camadas mais profundas, não relacionaram em seus estudos a produção de MSR com a de MSPA. Observa-se ainda que Brasil et al. (2001) e Pagotto (2001) estimaram que na camada 0-20 se concentram aproximadamente 70% da MSR, entretanto Vasconcelos et al. (2003) determinaram que essa camada concentrou pouco mais que 50% da MSR.

Como discutido anteriormente, uma interpretação “menos ortodoxa” dos níveis de significância associados ao teste F (Pagotto, 2001) permite supor a existência de diferenças estatísticas reais entre os capins, na sua capacidade de acumular MS nas raízes. Todavia, mesmo não se aceitando tal possibilidade, isso não implica que exista equivalência na distribuição espacial e temporal da fitomassa subterrânea dessas pastagens. Para verificar essa possibilidade, na Figura 13 são mostradas as curvas correspondentes à distribuição fracional acumulada da MSR em função da profundidade do perfil e de períodos, para os capins Tifton-85 e Transvala. Previamente deve ser observado que no caso das gramíneas estoloníferas de hábito prostrado, as plantas estão muito próximas entre si, em todas as direções, na superfície, de forma que a densidade radicular varia principalmente na direção vertical (Bengough et al., 2000).

Tabela 8. Resultados de experimentos que avaliaram produção de matéria seca radicular (MSR).

Espécie	Local	Profundidade (m)	Método/ (mês ou época)	g dm ⁻³	MSR Relação 0-0,2: 0-prof	Relação MSR: MSPA	Fonte
Coastcross-1	Cidade Gaúcha	---	0,022m ²	4,5*	---	2,28	Cecato et al., 2001
Trado sonda □6cm = 565,5cm ³							
Tanzânia	Piracicaba	0-0,4	(verão)	0,61	0,672	0,672*	Pagotto, 2001
			(outono)	0,67	0,667	0,955*	
			(inverno)	0,62	0,780	0,962*	
Decumbens	Campo Grande	0-0,4	(seco)	9,52	0,823	Kanno et al., 1999	
Marandu			16,19	0,847			
Decumbens			13,71	0,806			
Marandu			20,95	0,814			
Humidícola	Seropédica	0-0,7	Monolito	12,96	0,733	---	Brasil et al., 2001
Trado sonda □2cm = 62,8cm ³							
Tanzânia	Nova Odessa	0-0,2		1,6	---	0,94	Giacomini et al., 2005
Aruana				1,2	---	1,00	
<i>P. notatum</i>	Seropédica	0-0,1	Monolito (março)	4,89	---	1,26	Espindola et al., 2001
			(maio)	3,18	---	0,98	
			(junho)	3,06	---	3,64	
			(outubro)	4,37	---	2,75	
	(janeiro)	5,15	---	1,38			
Cana-de-açúcar	Tarumã	0-0,8	Monolito de 56 dm ³	2,53	0,526	---	Vasconcelos et al., 2003
Marandu	Piracicaba	Vaso 3,6L		3,0**	---	---	Batista e Monteiro, 2006

* = estimado a partir dos dados contidos no trabalho; ** = g vaso.

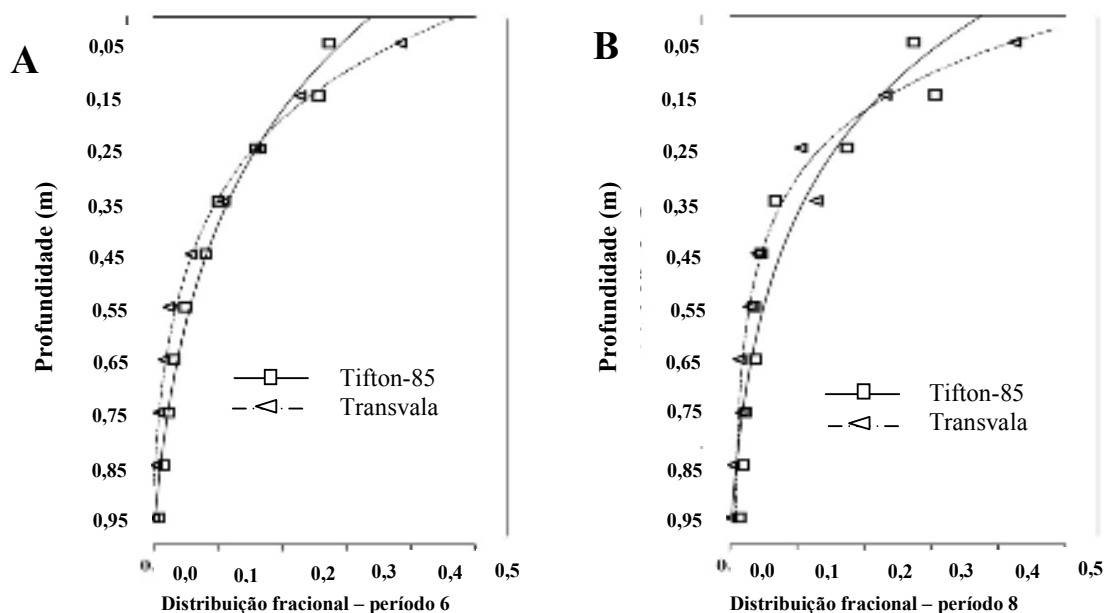


Figura 13. Distribuição fracional os capins Transvala e Tifton-85 em dois períodos. **A** = estação seca (período 6), e **B** = estação chuvosa (período 8).

Observa-se que, tanto na Figura 13A correspondente ao período 5 (seco), como na Figura 13B (período 8, chuvoso), nas camadas superficiais do solo (0 a 0,20 m), o Transvala concentra mais raízes que o Tifton-85, sugerindo a existência de plasticidade fenotípica diferencial entre as espécies, ou seja, sob o ponto de vista da distribuição radicular, o capim-Tifton-85 é mais resistente à estiagem e a menores temperaturas que o capim-Transvala.

Estudos prévios têm mostrado distribuições verticais similares em outros capins: Rodrigues e Cadima-Zevallos (1991) com *Brachiaria decumbens*, em solos de Tabuleiros do sul da Bahia; Pagotto (2001) com capim-Tanzânia, em solos de cerrados em Minas Gerais; Muller et al. (2001), com aveia, no Paraná; Bono et al. (2000), com *Panicum maximum*, em Mato Grosso do Sul e Brasil et al. (2001) com *Brachiaria humidicola*, em Planossolo da Baixada Fluminense, observaram que as camadas superficiais (0 a 0,20 m) das trincheiras, concentraram mais de 70% da massa, comprimento ou número de raízes. No presente estudo, a essa profundidade não foram atingidas concentrações tão elevadas, com exceção do capim-Transvala (Figura 13B).

4.4 Fitomassa total.

A fitomassa total (FT) corresponde à soma da fitomassa parte aérea mais fitomassa subterrânea (raízes). O conhecimento da FT é importante para estudos que envolvam a ciclagem de carbono e variações no estoque de carbono, assim como a sua dinâmica no perfil (Trujillo et al., 2006; Constantini et al., 2007), nas relações de transferência de energia e massa entre suas frações (Hui e Jackson, 2006). Houve efeito para capim ($p = 0,0213$), período ($p < 0,0001$) e encadeamento ($p = 0,0180$) os dados relativos à produção de FT (g m^{-2}) de quatro capins (Tabela 28, página 83) são apresentados na Figura 14 e de oito períodos na Figura 15.

A dependência da fitomassa total entre os períodos (medida repetida no tempo) está relacionada com o estoque de MSR, visto que, o estoque de MSR não representa a produção

de raízes no período, mas, a quantidade de massa radicular recuperada e pesada após a lavagem.

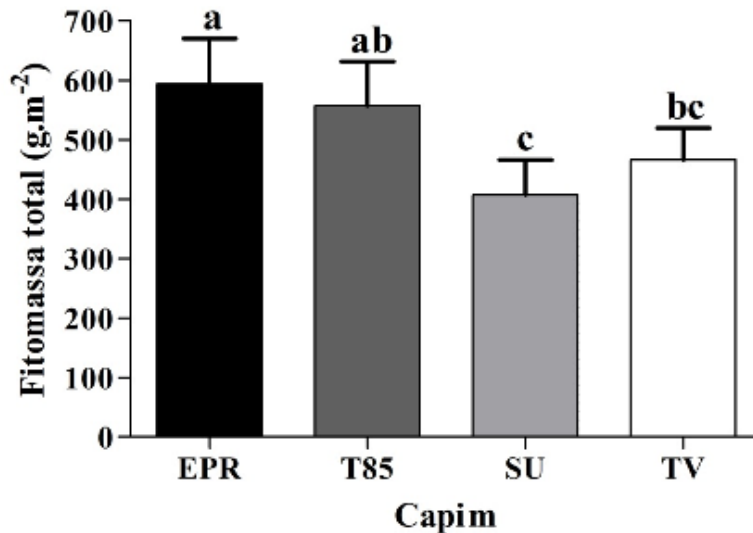


Figura 14. Fitomassa total média de oito períodos dos capins Estrela Porto Rico (EPR), Tifton-85 (T85), suázi (SU) e Transvala (TV).

As diferenças nas produções de FT entre os capins foram mais relacionadas com a produção de MSR (Tabela 7, página 29) do que com a de MSPA (Tabela 6, página 27). Verificou que, na média dos oito períodos, os capins Estrela ($572 \pm 214 \text{ g m}^{-2}$) e Tifton-85 ($558 \pm 210 \text{ g m}^{-2}$) produziram mais FT que o capim-suázi ($407 \pm 168 \text{ g m}^{-2}$).

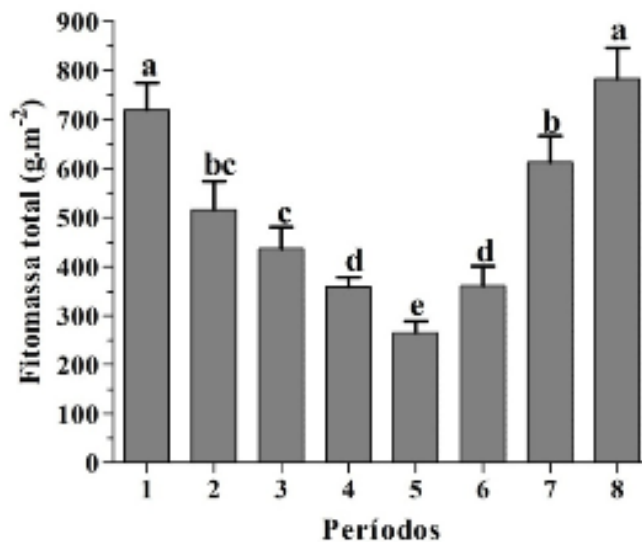


Figura 15. Fitomassa total média de quatro gramíneas em oito períodos.

Observou-se decréscimo de FT do primeiro período ($719 \pm 136 \text{ g m}^{-2}$) ao quinto período ($265 \pm 50 \text{ g m}^{-2}$) de forma linear, ocorrendo aumento entre o quinto e oitavo períodos ($783 \pm 123 \text{ g m}^{-2}$), havendo uma relação entre o período de maior e menor produção de FT de 3:1. Segundo Zak et al. (1994) a redução funcional de um dos compartimentos (no caso específico, menor taxa de crescimento da parte aérea no período seco) resulta na diminuição

da taxa de crescimento do outro (raízes). Verificou-se que a variação estacional foi menor que a da MSPA isoladamente (Tabela 6, página 27), mas maior que a da MSR (Tabela 7, página 29). Em linhas gerais, a variação da produção de MSPA, entre os períodos de maior e menor produção, foi 4:1 para o capim-Estrela (92 e 400 g m⁻²); 4,6:1 para o Tifton-85 e 4:1 para o suázi e Transvala. Para a MSR, a variação entre as maiores e menores produções foram inferiores a 2,5:1.

4.5 Relação raiz: parte aérea.

Tão importante quanto o conhecimento da FT é a sua distribuição entre as raízes e a parte aérea (Hui e Jackson, 2006). Para a relação entre a massa seca radicular: massa seca da parte aérea (MSR: MSPA) houve efeito para capim ($p = 0,0044$) e para período ($p < 0,0001$) que, são mostrados na Tabela 9.

Tabela 9. Relação de massa radicular: massa parte aérea, dos capins Estrela Porto Rico (EPR), Tifton-85 (T85), suázi (SU) e Transvala (TV), em oito períodos.

Períodos	EPR	T85	SU	TV	Média
1	1,10	0,76	0,90	1,04	0,95d
2	1,69	0,88	1,13	1,74	1,36c
3	1,91	1,86	1,24	2,26	1,82b
4	1,79	2,24	1,84	2,41	2,07a
5	2,26	1,83	1,52	2,12	1,93ab
6	2,10	2,00	1,69	2,11	1,98a
7	1,62	1,08	1,21	1,37	1,32c
8	1,26	0,89	0,75	1,07	0,99d
Média	1,72AB	1,45BC	1,28C	1,77A	

Período 1: 13/02 a 26/03/02; período 2: 27/03 a 07/05/02; período 3: 08/05 a 18/06/02; período 4: 19/06 a 30/07/02; período 5: 31/07 a 10/09/02; período 6: 11/09 a 22/10/02; período 7: 23/10 a 03/12/02 e período 8: 04/12 a 14/01/03.

Observou-se que no período chuvoso a relação MSR: MSPA foi pouco menor que 1,0 (períodos 1 e 8) e que, no período seco, essa relação foi de: $1,82 \pm 0,59$; $2,07 \pm 0,34$; $1,93 \pm 0,40$ e $1,98 \pm 0,26$ (períodos 3 a 6). Nos períodos em que se iniciaram as estações seca (2) e chuvosa (7), essa relação foi de: $1,36 \pm 0,47$ e $1,32 \pm 0,27$. Esse comportamento pode estar ligado à plasticidade fenotípica das gramíneas, que se preparam para o período de estiagem prolongada e de temperaturas médias mais baixas.

A relação MSR: MSPA apresentada por diversos autores variou (Tabela 8, página 33) entre 0,67 e 3,64, aproximadamente a mesma faixa de variação mostrada no presente estudo. Esta relação apresentou valores mais elevados no período seco, provavelmente devido à progressiva inibição do crescimento da parte aérea, induzida por fatores ambientais, permitindo a retenção dos fotoassimilados nas raízes. Também o aumento da relação tem a ver com a fenologia das pastagens, uma vez que a mesma acontece no final da floração, ou seja, após cessar o fluxo de carbono na parte aérea, em direção à semente. Além disso, concorre também para explicar as variações sazonais das relações raiz: parte aérea o fato de que, nas raízes, há menor “turnover” que a parte aérea, ou seja, as raízes possuem maior longevidade (Klepper, 1991; Vogt e Bloonfield, 1991). A maior relação MSR: MSPA no período seco também foi relatada por Espindola et al. (2001), com grama-batatais em Seropédica.

Na Figura 16, são mostrados os valores e a significância da relação MSR: MSPA dos capins (média dos oito períodos de rebrota).

Entre os capins do gênero *Cynodon* não houve diferença entre as relações MSR: MSPA, com $1,72 \pm 0,41$ e $1,45 \pm 0,64$, respectivamente para os capins Estrela e Tifton-85. Já o capim-Transvala ($1,77 \pm 0,58$) apresentou maior relação que os capins Tifton-85 ($1,45 \pm 0,64$) e suázi ($1,28 \pm 0,44$). A diferença entre as relações das digitárias está relacionada à maior produção de MSR do capim-Transvala, uma vez que a produção de MSPA desses capins foi semelhante em todos os períodos (Tabela 6, página 27).

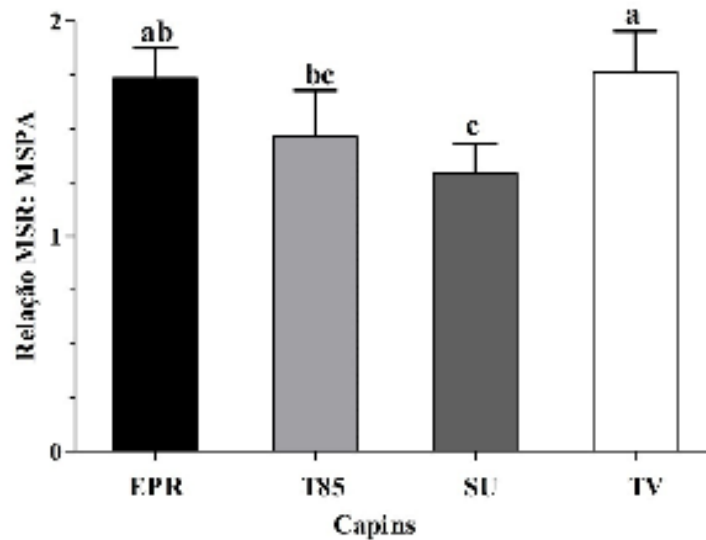


Figura 16. Relação média (oito períodos) da massa seca radicular (MSR): massa seca parte aérea (MSPA), dos capins Estrela Porto Rico (EPR), Tifton-85 (T85), suázi (SU) e Transvala (TV).

Uma característica importante do armazenamento de carbono pelas pastagens é a partição entre fitomassa radicular e aérea (Pendall et al., 2004; Hui e Jackson, 2006). Segundo Jackson et al. (1996) as pastagens podem armazenar nas raízes mais de 80% (relação MSR: MSPA de 4:1) da FT. A relação média MSR: MSPA por período é mostrada na Figura 17.

A menor relação MSR: MSPA obtida neste trabalho (1:1 e 2:1, respectivamente para o período chuvoso e seco) pode estar relacionada com a severidade da intensidade da desfolha (Silva e Nascimento Jr., 2007), pela deficiência hídrica (Gill e Jackson, 2006) e pela diminuição da temperatura média (Hui e Jackson, 2006).

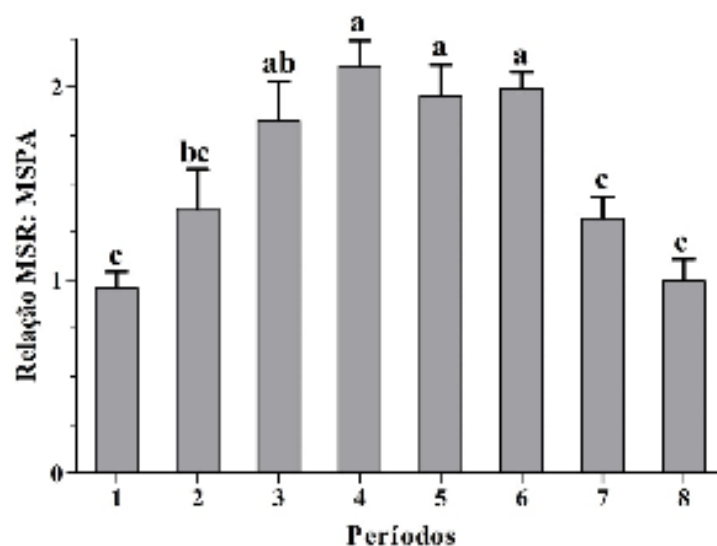


Figura 17. Relação entre a massa seca radicular: massa seca parte aérea, dos oito períodos (média de quatro forrageiras).

4.6 Comprimento, Área Superficial Planar, Comprimento Específico e Área Superficial Planar Específica das Raízes.

Houve efeito de interação ($p < 0,0001$) para o comprimento radicular (Tabela 29, página 84). O comprimento radicular da soma de dez extrações de 1 dm^{-3} de camadas de 0,1 m da superfície até 1,0 m de profundidade (10 dm^{-3} de solo) de quatro capins em oito períodos é mostrado na Tabela 10.

Tabela 10. Comprimento radicular ($\text{m} \cdot 10 \text{ dm}^{-3}$ de solo), da superfície do solo até a profundidade de 1 m, dos capins Estrela Porto Rico (EPR), Tifton-85 (T85), suázi (SU) e Transvala (TV), em oito períodos de 42 dias.

Períodos	Comprimento radicular ($\text{m} \cdot 10 \text{ dm}^{-3}$ de solo)			
	EPR	T85	SU	TV
1	210,88	238,43ab	326,05ab	351,06ab
2	197,03	249,99ab	316,41ab	303,84b
3	197,71	250,96ab	236,88b	326,26b
4	206,98	216,37ab	245,40b	313,06b
5	181,69	180,80b	194,86bc	264,18b
6	179,38	115,73b	148,33c	199,39b
7	231,47	265,86ab	296,66ab	334,17b
8	275,78	362,70a	399,74a	492,96a

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula, dentro de coluna, não diferem significativamente, ao nível de $p < 0,0001$ (teste de Bonferroni). Período 1: 13/02 a 26/03/02; período 2: 27/03 a 07/05/02; período 3: 08/05 a 18/06/02; período 4: 19/06 a 30/07/02; período 5: 31/07 a 10/09/02; período 6: 11/09 a 22/10/02; período 7: 23/10 a 03/12/02 e período 8: 04/12 a 14/01/03. EPR: capim-Estrela Porto Rico; T85: capim-Tifton-85; SU: capim-suázi e TV: capim-Transvala.

Não houve diferença entre os comprimentos radiculares do capim-Estrela, nos oito períodos avaliados evidenciando que, o comprimento deste capim pode ser avaliado em

qualquer época do ano. Os capins Tifton-85, suázi e Transvala apresentaram maior crescimento radicular no período 8 (Figura 7A e C, página 24) o de maior pluviosidade do que em parte do período seco.

De acordo com os resultados de Rodrigues e Cadima-Zevallos (1991) e Brasil et al. (2001), o comprimento radicular se concentra nos primeiros 0,2 m, porém é importante ressaltar que, de acordo com as avaliações do presente trabalho, se verifica que esses resultados devem ser utilizados apenas como uma indicação geral, e não como uma regra rígida. O comprimento radicular acumulativo, até 0,3 m de profundidade dos capins nos períodos 6 e 8, é mostrado na (Tabela 11).

Tabela 11. Comprimento radicular (CR) cumulativo, nos períodos de seca e chuva.

Capim	Período 6 (seca)			Período 8 (chuva)		
	0,0-0,1 m	0,0-0,2 m	0,0-0,3 m	0,0-0,1 m	0,0-0,2 m	0,0-0,3 m
EPR	0,271	0,509	0,628	0,267	0,496	0,635
T85	0,236	0,477	0,607	0,184	0,367	0,521
SU	0,201	0,375	0,526	0,186	0,365	0,523
TV	0,205	0,385	0,535	0,274	0,462	0,613

EPR: capim-Estrela Porto Rico; T85: capim-Tifton-85; SU: capim-suázi e TV: capim-Transvala.

Em termos gerais, o comprimento radicular nos horizontes superficiais foi menos concentrado que a massa radicular (Figura 13A e B). Verifica-se que o capim-Estrela Porto Rico não apresentou diferença entre o comprimento cumulativo entre os dois períodos. O Tifton-85 e suázi tiveram maior comprimento relativo nos dois primeiros horizontes, do período seco e o Transvala teve maior comprimento relativo no período chuvoso. O comprimento radicular de todas gramíneas variou de acordo com o clima (Tabela 10). A maior parte da variação esteve associada aos horizontes superficiais, sendo o CR nos primeiros 0,2 m do período chuvoso maior que o do mesmo horizonte no período seco (Tabela 12).

Tabela 12. Comprimento radicular (m dm^{-3} de solo), nos períodos de máxima e mínima produção de matéria seca radicular.

Capim	Período 6 (seca)			Período 8 (chuva)		
	0,0-0,1 m	0,1-0,2 m	0,2-0,3 m	0,0-0,1 m	0,1-0,2 m	0,2-0,3 m
EPR	48,67	42,50	21,47	73,75	62,95	38,51
T85	27,16	27,91	15,09	66,31	65,82	55,53
SU	29,85	25,75	22,39	74,42	71,57	62,96
TV	38,88	35,02	29,80	134,56	92,73	74,20

EPR: capim-Estrela Porto Rico; T85: capim-Tifton-85; SU: capim-suázi e TV: capim-Transvala.

Aproximadamente 60% do comprimento radicular estavam concentrados nos 0,3 m superficiais. Essa observação deve ser considerada, quando não se conhece os parâmetros morfológicos dos sistemas radiculares das gramíneas, pois vários autores (Rodrigues e Cadima-Cevallos, 1999; Bono et al., 2000; Pagotto, 2001) afirmam que de 70 a 80% da MSR e do CR de gramíneas estavam concentradas nos primeiros 0,2 m superficiais, e Muraro (2004), trabalhando com cultura anual (azevém), observou concentração de 90% na camada 0-0,2 m de MSR e CR. A importância da distribuição menos concentrada nas camadas superficiais do sistema radicular é uma característica desejável, quando se almeja o sequestro de C atmosférico pelas plantas e sua deposição nas camadas mais profundas do solo.

A maior perda de MSR e CR nos horizontes superficiais indicam que, próximo ao solo, ocorre a maior parte da senescência e morte radicular na época seca (Taiz e Zeiger, 2004) e, no período chuvoso, nesses horizontes ocorre a maior parte do crescimento radicular

(Laboski et al., 1998). Resultados de comprimento radicular foram obtidos em casa de vegetação por Batista e Monteiro (2006) e por Lavres Jr e Monteiro (2003), em Piracicaba, trabalhando com os capins Marandu e Mombaça, respectivamente, mostraram que essas gramíneas tiveram, aos 79 e 65 dias de idade, CR de 90 e 62 m dm⁻³. Com gramínea de clima temperado, Muraro (2004) obteve na camada 0-0,1 m CR de 50,8 m dm⁻³. A comparação baseada no comprimento radicular mostrou que esses capins tiveram maior sensibilidade nesse parâmetro que a massa radicular. Observa-se que, independentemente do período estudado, o capim-Transvala concentra maior CR próximo à superfície do solo. No período seco (6), o capim-suázi teve o comprimento radicular mais concentrado próximo à superfície que o capim-Estrela Porto Rico. No período chuvoso (8), esta variável apresentou diferença para todas as espécies. Esse resultado é o inverso do relatado por Pagotto (2001), que encontrou maior sensibilidade para a MSR e menor para o CR, quando estudou intensidades de pastejo no capim-Tanzânia.

O comprimento radicular específico (CRE) é a relação entre o comprimento (m m⁻²) sobre a massa seca radicular (g m⁻²), expresso em m g⁻¹ e indica a capacidade que as raízes possuem para adquirir nutrientes (Ryser e Eek, 2000) e o aumento do CRE é resultado da baixa fertilidade do solo (Ryser e Lambers, 1995) ou do crescimento radicular devido a fatores climáticos como a umidade do solo (Silva e Nascimento Jr., 2006; Valladares et al., 2007). Houve efeito da interação ($p < 0,0001$) e de período ($p < 0,0001$) para o CRE, da camada superficial (0-0,1 m de profundidade) de quatro gramíneas em oito períodos (Tabela 30, página 84) que é mostrado, na Tabela 13.

Tabela 13. Comprimento radicular específico da camada superficial (0-0,1 m) dos capins Estrela Porto Rico (EPR), Tifton-85 (T85), suázi (SU) e Transvala (TV) em oito períodos.

Períodos	Comprimento radicular específico (m g ⁻¹)				Média
	EPR	T85	SU	TV	
1	67,44	74,82ab	66,69ab	98,93bc	76,97a
2	60,43	86,16a	65,25ab	95,13bc	76,74a
3	61,40B	75,73ABab	82,14ABa	118,04Ab	84,33a
4	64,79	52,39bc	47,28ab	77,61bc	60,52bc
5	55,02	44,27bc	36,41b	73,88cd	52,40c
6	48,67	29,85c	27,16b	38,88d	36,14d
7	54,32	59,71bc	51,84ab	92,95bc	64,71b
8	73,65B	74,42Bab	66,31Bab	134,56Aa	87,24a
Média	60,72	62,17	55,39	91,25	

Período 1: 13/02 a 26/03/02; período 2: 27/03 a 07/05/02; período 3: 08/05 a 18/06/02; período 4: 19/06 a 30/07/02; período 5: 31/07 a 10/09/02; período 6: 11/09 a 22/10/02; período 7: 23/10 a 03/12/02 e período 8: 04/12 a 14/01/03.

No período 3 o capim-Transvala teve maior CRE que o capim-Estrela e no período 8 o Transvala apresentou maior CRE que os outros três capins. Na média dos oito cortes os capins tiveram CRE de 55,4 a 91,3 m g⁻¹, valores próximos aos dos trabalhos desenvolvidos em casa de vegetação em vasos de 3,6L, realizados em Piracicaba por Batista e Monteiro (2006) e por Lavres Jr e Monteiro (2003) que, registraram CRE de 189 m g⁻¹ e 79,2 m g⁻¹ para os capins Marandu e Mombaça, respectivamente. No Paraná, Muraro (2004) informou CRE de 74,2 m g⁻¹, para o azevém.

Não foi realizada fertilização nas parcelas experimentais e, a mineralização mais rápida da liteira no período das chuvas não foi responsável pelo maior CRE deste período (Boddey et al., 1993; Lemaire, 2007). Desta forma, o maior CRE do período chuvoso foi devido ao maior crescimento radicular que ocorre nesse período. Não houve variação do CRE

para o capim-Estrela na camada superficial entre os períodos, indicando que este capim reduz e aumenta seu sistema radicular de maneira uniforme (raízes médias, finas e muito finas). Os demais capins reduziram seu CRE no período seco, obtendo, no sexto período (época crítica de chuva e temperatura), os menores valores. A redução da CRE no período seco indica que essas gramíneas reduzem mais as raízes mais delgadas (finas e muito finas) em detrimento das mais espessas (médias). Por apresentar maiores valores de CRE, indicando possuir raízes mais finas, na camada superficial, o capim-Transvala possui maior capacidade (teórica) para aquisição de água e nutrientes pelo sistema radicular (Volonec et al., 1996).

Outra maneira de avaliar a morfologia radicular é por meio da área superficial radicular (ASR). Na Tabela 14 observa-se a área superficial planar na camada superficial (0-0,1 m) de quatro gramíneas em oito períodos que houve efeito (Tabela 31, página 84) para a interação ($p < 0,0001$) e para período ($p < 0,0001$).

Apesar da variação entre a menor e maior ASR ter ficado em torno de 50%, para todas as espécies, os menores valores foram registrados no período seco. Somente o capim-Tifton-85 apresentou diferença entre avaliações, sendo ambos registrados no período seco. Valores mais elevados foram observados para os capins Mombaça e Marandu (Batista e Monteiro, 2006 e Lavres Jr e Monteiro): 0,080 e 0,783 $m^2 dm^{-2}$, respectivamente, em Piracicaba. Menor valor foi obtido no Paraná por Muraro (2004) que, apresentou para o azevém ASR de 0,023 $m^2 dm^{-2}$.

Tabela 14. Área superficial planar da camada superficial (0-0,1 m) dos capins Estrela Porto Rico (EPR), Tifton-85 (T85), suázi (SU) e Transvala (TV), em oito períodos de avaliação.

Períodos	Área superficial planar ($m^2 dm^{-2}$ de solo)				Média
	EPR	T85	SU	TV	
1	0,063	0,042ab	0,036	0,062	0,051ab
2	0,067	0,039ab	0,038	0,042	0,047ab
3	0,058	0,053a	0,040	0,068	0,055a
4	0,052	0,035ab	0,031	0,048	0,042bc
5	0,041	0,024b	0,024	0,045	0,034c
6	0,055	0,036ab	0,026	0,053	0,043b
7	0,055	0,033ab	0,032	0,051	0,043b
8	0,055	0,030ab	0,028	0,052	0,041bc
Média	0,056	0,037	0,032	0,053	

Período 1: 13/02 a 26/03/02; período 2: 27/03 a 07/05/02; período 3: 08/05 a 18/06/02; período 4: 19/06 a 30/07/02; período 5: 31/07 a 10/09/02; período 6: 11/09 a 22/10/02; período 7: 23/10 a 03/12/02 e período 8: 04/12 a 14/01/03.

A área superficial específica ASE, da camada superficial (0,0-0,1 m) e de todo perfil (0,0-1,0 m), pode ser observada na Tabela 15.

Verifica-se que há pouca variação da ASE na camada superficial (0-0,1 m) e ao longo do perfil do solo (0-1 m) para o capim-Estrela e que, na camada 0-0,1 m e no período seco em relação ao período chuvoso. Maiores valores de ASE (relação área superficial *versus* massa radicular) indicam que as raízes são mais finas, tendo, portanto, capacidade para explorar maior volume de solo, possuindo maior capacidade para aquisição de água e nutrientes, por unidade de massa radicular.

Raízes jovens (79 dias) de capim-Marandu (Batista e Monteiro, 2006) apresentaram valores mais elevados de ASE de 0,160 $m^2 g^{-1}$, enquanto que o capim-Mombaça com 65 dias (Lavres Jr e Monteiro, 2003) teve ASE de 0,070 $m^2 dm^{-2}$. Sob condições de campo, o azevém apresentou valores de ASE de 0,030 $m^2 dm^{-2}$.

Tabela 15. Área superficial planar específica dos capins Estrela Porto Rico (EPR), Tifton-85 (T85), suázi (SU) e Transvala (TV), em oito períodos.

Períodos	Área superficial planar específica (m ² g ⁻¹ de solo)							
	EPR		T85		SU		TV	
	0-0,1 m	0-1,0 m	0-0,1 m	0-1,0 m	0-0,1m	0-1,0 m	0-0,1 m	0-1,0 m
1	0,043	0,039	0,035	0,045	0,047	0,059	0,052	0,059
2	0,042	0,045	0,037	0,050	0,042	0,060	0,032	0,040
3	0,046	0,049	0,038	0,047	0,045	0,061	0,041	0,056
4	0,061	0,056	0,038	0,051	0,043	0,063	0,056	0,070
5	0,057	0,057	0,047	0,056	0,055	0,080	0,058	0,079
6	0,054	0,054	0,040	0,051	0,048	0,069	0,056	0,074
7	0,040	0,042	0,034	0,040	0,035	0,048	0,044	0,057
8	0,034	0,035	0,026	0,035	0,032	0,045	0,037	0,048

Período 1: 13/02 a 26/03/02; período 2: 27/03 a 07/05/02; período 3: 08/05 a 18/06/02; período 4: 19/06 a 30/07/02; período 5: 31/07 a 10/09/02; período 6: 11/09 a 22/10/02; período 7: 23/10 a 03/12/02 e período 8: 04/12 a 14/01/03.

4.7 Concentração e Acúmulo de Nutrientes.

A ANOVA referente à concentração de nutrientes na fitomassa da parte aérea é apresentada na Tabela 32, página 85, dos capins Estrela Porto Rico; Tifton-85; suázi e Transvala. Verificou-se que, em termos gerais, a maior parte da variabilidade total da concentração de nutrientes esteve associada com os períodos de amostragem, entre 32 e 81% ($p < 0,0001$), dependendo do nutriente. Todavia, o efeito sazonal foi maior para o N e Ca e menor para o P e Mg. O efeito dos capins na variabilidade total desses nutrientes foi maior para N ($p < 0,0001$), P ($p < 0,0007$) e Ca ($p = 0,0033$), respectivamente. Houve interação para o N e Ca ($p < 0,0001$ e $p = 0,0376$, respectivamente), enquanto que para o P e Mg não houve esse efeito.

Para a concentração de nutrientes no sistema radicular, verifica-se, pela ANOVA (Tabela 34, página 87), que para o N e P a maior parte da variabilidade total da concentração de nutrientes esteve associada com os vários períodos de amostragem, entre 43 e 70% ($p < 0,0001$), e de 16 a 27% associada aos capins, no entanto, o efeito associado aos capins foi maior para o Ca e Mg (49 e 53%), do que o efeito associado aos períodos (26 e 21%). Somente para o nitrogênio houve efeito da interação ($p = 0,0023$), estando esse efeito relacionado com 19% da variabilidade da concentração de N. Apenas para o Mg, houve efeito das medidas repetidas no tempo (encadeamento), significando dizer que a concentração de Mg numa avaliação dependeu da concentração do período anterior ($p = 0,0083$), representando 8% da variabilidade da concentração de Mg.

Para o acúmulo de nutrientes (N, P, Ca e Mg) na fitomassa da parte aérea (Tabela 33, página 86) e da fitomassa radicular (Tabela 35, página 88), os efeitos relacionados aos períodos ($p < 0,0001$) foram responsáveis por mais de 90% da variabilidade total do acúmulo na parte aérea, e por aproximadamente 60% da variabilidade ocorrida no sistema radicular. Apenas o acúmulo de N na parte aérea apresentou variação relativa ao efeito dos capins e da interação capim x período.

4.7.1 Nitrogênio.

a- Parte aérea.

Verificou-se que a concentração de N na parte aérea e no sistema radicular foi dependente dos capins, dos períodos e de suas interações ($p < 0,0001$). A interação da concentração N (g kg^{-1}) na MSPA entre capins e períodos é mostrada na Tabela 16.

Tabela 16. Concentração (g kg^{-1}) de nitrogênio na fitomassa de parte aérea dos capins Estrela Porto Rico (EPR), Tifton-85 (T85), suázi (SU) e Transvala (TV).

Capim	Períodos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
EPR	20,9Ab	19,3Bb	15,5Cb	15,0Cb	14,6Cb	13,2Db	20,1ABc	20,4ABc
T85	22,0Ab	17,9Bb	15,9Cb	15,4Cb	15,5Cb	15,1Ca	23,1Aab	22,8Ab
SU	23,5Aa	21,5Ba	19,7Ca	19,2Ca	17,2Da	15,6Ea	21,6Bb	23,5Aab
TV	24,8Aa	21,0Ba	16,3Cb	15,7Cb	15,7Cb	15,7Ca	24,1Aa	24,2Aa

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula, dentro da linha ou minúscula, dentro de coluna, não diferem significativamente. (Bonferroni, $p < 0,05$). Período 1: 13/02 a 26/03/02; período 2: 27/03 a 07/05/02; período 3: 08/05 a 18/06/02; período 4: 19/06 a 30/07/02; período 5: 31/07 a 10/09/02; período 6: 11/09 a 22/10/02; período 7: 23/10 a 03/12/02 e período 8: 04/12 a 14/01/03. EPR: capim-Estrela Porto Rico; T85: capim-Tifton-85; SU: capim-suázi e TV: capim-Transvala.

Verifica-se que a concentração de N sofre forte influência das condições ambientais, mais elevada nos períodos chuvosos do que no período seco. Esses resultados são compatíveis com aqueles da farta literatura sobre o tema. Observa-se também que as características adaptativas e fenotípicas dos capins são manifestadas nas concentrações desse nutriente, mostrando diferenças na eficiência do uso de N, quando até o sexto período (do final do período chuvoso até o final do período seco), o capim-suázi manteve maiores concentrações de N na MSPA, mostrando maior capacidade para formação de folhas após o desbaste, e manutenção de sua capacidade produtiva. No início das chuvas (período 7), o capim-Transvala mostrou ser mais adaptado que os demais capins para concentrar N, enquanto que o capim-Tifton-85 aumentou a concentração de N, bem como também a produção de MSPA (Tabela 6, página 27). O capim-Estrela, em todos os períodos, concentrou menos N, revelando maior capacidade para produção de MSPA, quando as condições ambientais são favoráveis ou não. Essa característica do capim-Estrela pode ser um indicativo de que a sua temperatura mínima de crescimento para produção ou acumulação de fotossintatos seja menor que a dos demais capins.

No presente estudo, a concentração de N variou de 15gN kgMS^{-1} no período seco para mais de 20gN kgMS^{-1} no período chuvoso. Esses resultados estão de acordo com os de Souza (1998) e Estrada et al. (2003) que, em Seropédica, mostraram continuarem esses capins com elevado teor de N até os 35-42 dias de crescimento, podendo ser utilizados como “feno em pé”. Na Tabela 2 (página 13), foram apresentadas concentrações de N em pastagens dos gêneros *Cynodon* e *Digitaria* na região sudeste, onde, exceto para o capim-Transvala em Itapetininga, as concentrações estão na mesma faixa de concentração de N deste trabalho.

Na parte aérea, dos nutrientes (nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio) analisados, apenas para o nitrogênio houve efeito da interação. Para os demais nutrientes, houve efeito para período ($p < 0,0001$), tanto para concentração como para acúmulo. O efeito dos capins foi verificado para concentração em todos os capins e acúmulo somente de cálcio. Para explicar as variações entre as concentrações e acúmulos dos nutrientes da fitomassa aérea e radicular, as Figuras relativas aos efeitos de capins e períodos serão mostradas. Na Figura 18 verifica-se a concentração média (oito avaliações) de N na fitomassa aérea por capim.

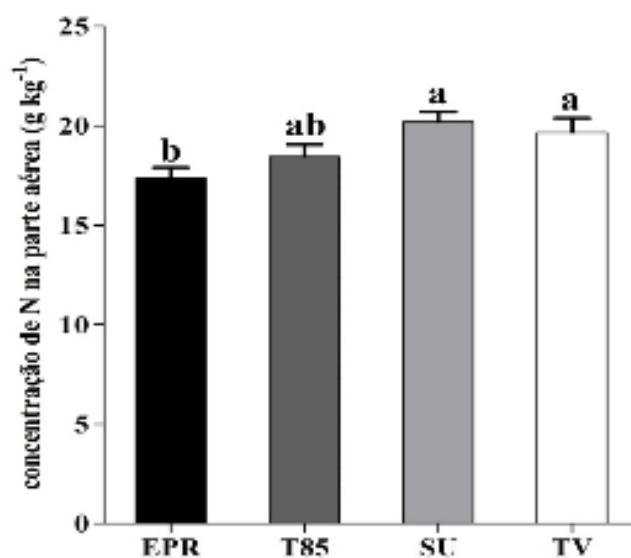


Figura 18. Concentração de nitrogênio (N) na fitomassa aérea dos capins Estrela Porto Rico (EPR); Tifton-85 (T85); suázi (SU) e Transvala (TV) (média de oito períodos).

Não houve variação na concentração de N na MSPA entre os capins do mesmo gênero. Na média de oito períodos, as digitárias (20,20 ± 2,78 e 19,66 ± 4,08g kg⁻¹, respectivamente para os capins suázi e Transvala) concentraram mais N na parte aérea que o capim-Estrela (17,37 ± 3,00g kg⁻¹).

A concentração média de N (quatro capins) em oito períodos (Figura 19) foi maior nos períodos chuvosos (sem diferença nestes períodos, com 22,78 ± 1,66; 22,20 ± 1,67 e 22,68 ± 1,55g kg⁻¹, respectivamente para os períodos 1, 7 e 8) do que no período seco, que apresentou média de 16,74 ± 2,28g kg⁻¹.

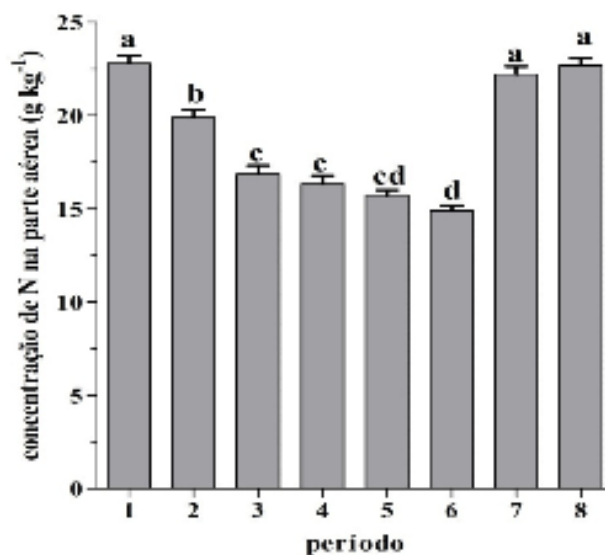


Figura 19. Concentração de nitrogênio (N) na fitomassa aérea por período (média de quatro capins).

Como o acúmulo de N depende da produção de MSPA (Tabela 6, página 27) e de sua própria concentração, observa-se, que a maior parte da variabilidade total esteve associada

com os vários períodos de amostragem, sendo maiores nos períodos chuvosos do que nos períodos de estiagem. Houve efeito para interação ($p < 0,0001$) para o acúmulo de N na MSPA em $\text{kg ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$ que é mostrado na Tabela 17.

O acúmulo de N entre os capins foi extremamente relacionada com a maior produtividade de MSPA do capim-Tifton-85 nos períodos chuvosos (1, 7 e 8), com acúmulo de N superior ao das duas gramíneas do gênero *Digitaria*. No período seco, quando a produção de MSPA é menor, o acúmulo de nitrogênio na parte aérea não foi verificado entre os capins.

O maior acúmulo de N na MSPA do capim-Tifton-85 nos três períodos chuvosos, foi suficiente para garantir a esse capim maior acúmulo durante o experimento, mesmo não havendo efeito nos cinco períodos considerados como seco. Na média dos oito períodos avaliados, verificou-se que o acúmulo de N por capim ($p < 0,0001$) o Tifton-85 ($51,7 \pm 31,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$) acumulou mais N que as digitárias, que acumularam $41,3 \pm 26,9$ e $39,8 \pm 27,7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$, respectivamente para os capins suázi e Transvala, mostrado na Figura 20.

Tabela 17. Acúmulo de nitrogênio ($\text{kg ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$) dos capins Estrela Porto Rico (EPR), Tifton-85 (T85), suázi (SU) e Transvala (TV).

Capim	Período							
	1	2	3	4	5	6	7	8
EPR	83,4ABab	48,7Ba	27,6BCa	20,4BCa	13,5Ca	16,9Ca	52,7Bb	83,4Ab
T85	97,8ABa	48,8Ca	27,3CDa	18,7Da	15,8Da	20,4Da	77,5Ba	107,7Aa
SU	75,6ABb	40,6Ba	27,8BCa	20,4BCa	13,6Ca	15,0BCa	50,6Bb	87,1Ab
TV	78,4Ab	36,5Ba	21,6BCa	16,3Ca	13,6Ca	16,8Ca	53,4Bb	81,6Ab

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula, dentro de coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente. (Bonferroni), $p < 0,05$. Período 1: 13/02 a 26/03/02; período 2: 27/03 a 07/05/02; período 3: 08/05 a 18/06/02; período 4: 19/06 a 30/07/02; período 5: 31/07 a 10/09/02; período 6: 11/09 a 22/10/02; período 7: 23/10 a 03/12/02 e período 8: 04/12 a 14/01/03. EPR: capim-Estrela Porto Rico; T85: capim-Tifton-85; SU: capim-suázi e TV: capim-Transvala.

Apesar de as concentrações de N das digitárias (Figura 18) serem maiores que a do capim-Estrela, não houve diferença no acúmulo de N, mesmo quando não houve efeito entre estas variedades na produção de MSPA (Tabela 6, página 27).

Quando se analisa o acúmulo de N por período (Figura 21), verifica-se que tal acúmulo, por estar intimamente ligado à produção de MSPA, segue o mesmo padrão de comportamento, ou seja, diminuição da taxa de acumulação diária de N do primeiro ao quinto ($13,9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$), e o aumento dessa taxa do sexto ao oitavo ($23,8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$) período.

Em média, nos cinco primeiros períodos, a taxa de acumulação diária foi diminuindo de $2,00 \text{ kgN ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, para $0,34 \text{ kgN ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Na entrada da época de chuvas (período 6 a 8), essa taxa foi aumentado de $0,42 \text{ kgN ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ para $2,12 \text{ kgN ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, mostrando a adaptação dos capins, em acumulação de N, às variações do regime hídrico, acompanhando o que já foi anteriormente discutido para a produção de MSPA.

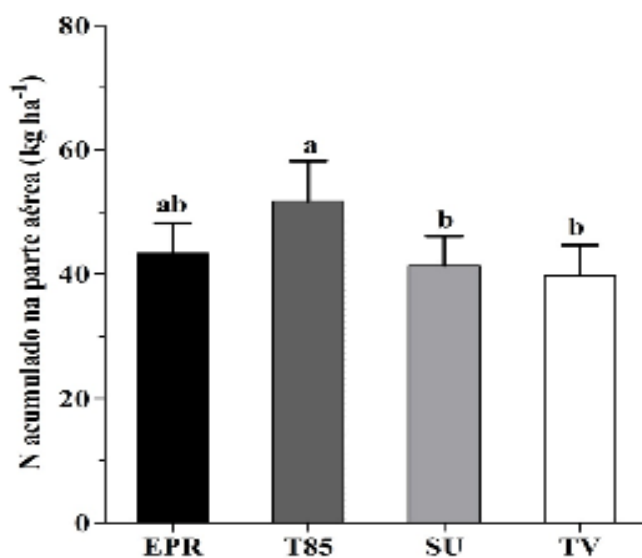


Figura 20. Acúmulo de nitrogênio (N) na massa seca da parte aérea dos capins Estrela Porto Rico (EPR); Tifton-85 (T85); suázi (SU) e Transvala (TV) (média de oito períodos).

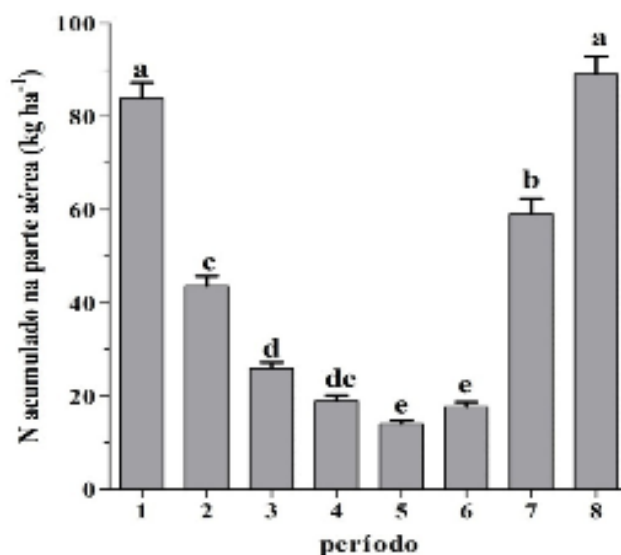


Figura 21. Acúmulo de nitrogênio (N) na massa seca da parte aérea por período (média de quatro espécies).

b- Raízes.

Neste estudo, houve efeito na concentração de N radicular (Tabela 32, página 85) para interação ($p = 0,0009$) que é mostrado na Tabela 18.

A plasticidade fenotípica, entendida como a capacidade de dado genótipo para apresentar sob diferentes condições ambientais, é considerada o principal meio pelo qual as plantas fazem frente à heterogeneidade ambiental (Valladares et al., 2007). Neste estudo, observa-se que as concentrações de N radicular das *Digitarias* são superiores aos dos *Cynodon* no período chuvoso. Há um decréscimo dos teores de nitrogênio do primeiro ao

quinto corte (exceto para o Tifton-85) e, a partir do sexto período de corte, os teores de nitrogênio radicular dos *Cynodon* foram constantes. O capim-Tifton-85 apresentou elevada plasticidade fenotípica, não sendo detectada diferença em seus teores de N na raiz em qualquer período. Essa característica de plasticidade pode explicar o maior potencial produtivo dessa forrageira, notadamente nos períodos chuvosos, pois, apesar de não concentrar maior teor de N radicular, no período seco, diminui seu crescimento da parte aérea para expressar o máximo de seu potencial nos períodos favoráveis de crescimento.

Tabela 18. Concentração de nitrogênio (g kgMS^{-1}) radicular nos capins Estrela Porto Rico (EPR), Tifton-85 (T85), suázi (SU) e Transvala (TV) durante oito períodos.

Capim	Períodos							
	1	2	3	4	5	6	7	8
EPR	10,9Aab	10,1ABa	9,6ABb	9,5Ba	8,8Ba	9,1Ba	9,6ABb	9,9ABb
T85	10,7Ab	10,0Aa	9,9Aab	10,3Aa	9,7Aa	9,5Aa	10,4Ab	10,6Ab
SU	12,4Aa	11,3ABa	9,8Cab	9,9Ca	10,1Ca	9,8Ca	10,9Bab	12,6Aa
TV	11,9ABab	11,0Ba	11,2Ba	9,9BCa	9,7Ca	10,1Ba	12,8Aa	12,8Aa

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula, dentro da linha ou minúscula, dentro de coluna, não diferem significativamente. (Bonferroni, $p < 0,05$). Período 1: 13/02 a 26/03/02; período 2: 27/03 a 07/05/02; período 3: 08/05 a 18/06/02; período 4: 19/06 a 30/07/02; período 5: 31/07 a 10/09/02; período 6: 11/09 a 22/10/02; período 7: 23/10 a 03/12/02 e período 8: 04/12 a 14/01/03.

A concentração média de N radicular para capins ($p = 0,0166$) foi $10,45 \pm 0,68 \text{g kg}^{-1}$ e para os períodos ($p < 0,0001$) $10,45 \pm 0,78 \text{g kg}^{-1}$. Sabemos que, como houve interação, não é usual discriminar médias (no caso, capins e períodos), mas, em virtude da significância apresentada pela ANOVA, para os efeitos capins e períodos e pela escassez de dados referentes a esse parâmetro, serão apresentadas as médias, sua respectiva significância e discussão da concentração de N radicular por capim (média de oito períodos, na Figura 22) e por período (média de quatro capins, na Figura 23).

Não houve diferença na concentração de N radicular entre os capins do mesmo gênero. O capim-Transvala ($11,17 \pm 1,29 \text{g kg}^{-1}$) apresentou maior concentração de N nas raízes que os *Cynodon*, respectivamente $9,68 \pm 0,80$ e $10,13 \pm 0,51 \text{g kg}^{-1}$ para os capins Estrela e Tifton-85, enquanto que o capim-suázi ($10,83 \pm 1,14 \text{g kg}^{-1}$) concentrou mais N nas raízes que o capim-Estrela.

A diminuição do suprimento de nutrientes e as condições climáticas adversas podem reduzir a fotossíntese total, porém aumenta a alocação em favor das raízes. Segundo Hui et al. (2003) o crescimento e alocação de nutrientes das raízes em baixa disponibilidade de nutrientes pode ser maior que o alto suprimento de nutrientes. De fato, verificou-se que os períodos de transição entre as estações chuvosa e seca (período 2, início da seca, e período 7, início das chuvas), não tiveram concentração de N radicular diferente dos demais períodos. Nestes períodos a concentração de N nas raízes foi $10,58 \pm 0,61$ e $10,91 \pm 1,38 \text{g kg}^{-1}$, respectivamente para os períodos 2 e 7. As maiores concentrações foram $11,47 \pm 0,80$ e $11,49 \pm 1,38 \text{g kg}^{-1}$, respectivamente para os períodos 1 e 8. A pequena variação do estoque de N nas raízes, entre os períodos, indica que há mecanismos no sistema radicular que são sensíveis às variações climáticas, retendo nas raízes parte do nitrogênio que poderia ser transferido para o crescimento da parte aérea no período seco. Segundo Briske e Richards (1995), essa retenção está relacionada à deficiência hídrica do solo.

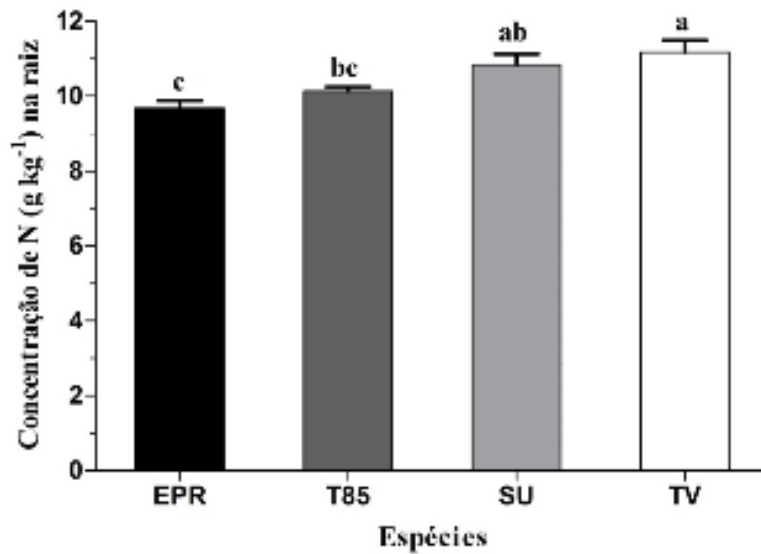


Figura 22. Concentração média de nitrogênio (g kg⁻¹) nas raízes dos capins Estrela Porto Rico (EPR); Tifton-85 (T85); suázi (SU) e Transvala (TV) (média de oito períodos).

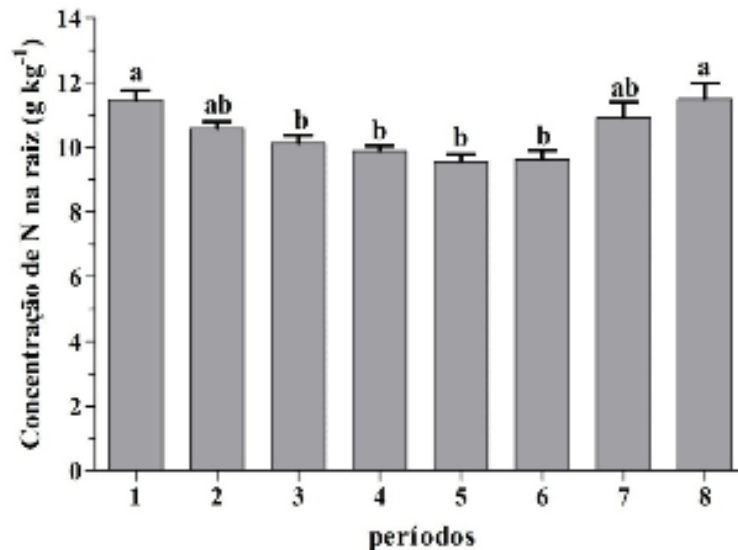


Figura 23. Concentração média de nitrogênio (g kg⁻¹) nas raízes, de oito períodos (média de quatro espécies).

Essa sensibilidade do sistema radicular em armazenar N no período seco, representa a plasticidade das gramíneas em se adaptar ao ambiente, mantendo “sua concentração estável” no período de menor crescimento ($p = 0,021$, Tabela 34, Anexo B, página 87).

Não houve efeito da interação (capim *versus* período) sobre acúmulo (estoque) de nitrogênio nas raízes, sendo significativo os efeitos para capins ($p = 0,0004$) e períodos ($p < 0,0001$). As médias dos fatores significativos são apresentadas na Tabela 19.

Tabela 19. Estoque de nitrogênio radicular dos capins Estrela Porto Rico, Tifton-85, suázi e Transvala em oito períodos.

Capim	Períodos (kgN ha ⁻¹ corte ⁻¹)								Média
	1	2	3	4	5	6	7	8	
EPR	30,1	26,7	20,5	14,6	11,4	17,0	26,1	30,7	22,1a
T85	22,5	15,0	19,2	17,4	11,5	16,1	23,6	27,8	19,2ab
SU	21,9	14,7	10,9	12,2	7,6	10,1	19,3	22,1	14,8b
TV	24,7	20,8	20,5	15,4	11,1	14,2	24,2	29,1	20,0ab
MÉDIA	24,8AB	19,3C	17,8CD	14,9D	10,4E	14,3D	23,3B	27,4A	

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula, dentro da linha ou minúscula, dentro de coluna, não diferem significativamente. (Bonferroni, p<0,05). Período 1: 13/02 a 26/03/02; período 2: 27/03 a 07/05/02; período 3: 08/05 a 18/06/02; período 4: 19/06 a 30/07/02; período 5: 31/07 a 10/09/02; período 6: 11/09 a 22/10/02; período 7: 23/10 a 03/12/02 e período 8: 04/12 a 14/01/03. EPR: capim-Estrela Porto Rico; T85: capim-Tifton-85; SU: capim-suázi e TV: capim-Transvala.

Apesar da maior concentração de N nas raízes do capim-suázi em relação ao capim-Estrela, o capim-Estrela, devido a sua maior produção de MSR, acumulou maiores quantidades de N radicular que o capim-suázi.

c- Relação raiz: parte aérea.

A ANOVA da relação entre a concentração (Tabela 36, página 89) e acúmulo (Tabela 37, página 90) de nitrogênio entre as raízes e a parte aérea indicou que houve interação da relação entre as concentrações (p = 0,0009) e os acúmulos (p = 0,0225) de N radicular e da parte aérea, que são mostrados na Tabela 20.

Tabela 20. Relação entre o N contido na massa seca radicular (MSR): massa seca da parte aérea (MSPA) de quatro forrageiras em oito períodos.

Capim	Concentração (gN kgMSR ⁻¹ corte ⁻¹ /gN kgMSPA ⁻¹ corte ⁻¹)							
	Período							
	1	2	3	4	5	6	7	8
EPR	0,52Abc	0,52Ab	0,62Aa	0,63Aa	0,60Aab	0,69Aa	0,48Ac	0,49Ac
T85	0,49Acd	0,56Abc	0,62Aab	0,67Aa	0,63Aab	0,63Ba	0,45Ad	0,46Ad
SU	0,53Ab	0,53Aab	0,50Bb	0,52Bb	0,59Aab	0,63ABba	0,51Ab	0,54Aab
TV	0,48Ab	0,52Ab	0,69Aa	0,63Aa	0,62Aa	0,65ABba	0,53Ab	0,53Ab
Média	0,50bc	0,53bc	0,61ab	0,61ab	0,61ab	0,65a	0,49c	0,51bc
Capim	Acúmulo (kgN ha ⁻¹ corte ⁻¹ /kgN ha ⁻¹ corte ⁻¹)							
	Período							
	1	2	3	4	5	6	7	8
EPR	0,37Ca	0,55BCa	0,75Aba	0,76ABab	0,85Aa	0,90Aa	0,48Ca	0,39Ca
T85	0,23Ba	0,32Ba	0,72Aa	0,93Aab	0,73Aa	0,79Aab	0,31Ba	0,26Ba
SU	0,29Ca	0,36BCa	0,40BCb	0,60ABb	0,56ABa	0,69Ab	0,39BCa	0,25Ca
TV	0,32Da	0,57BCa	0,95Aa	0,95Aa	0,82ABa	0,87Aab	0,45CDa	0,36CDa
Média	0,30	0,45	0,70	0,81	0,74	0,81	0,41	0,31

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula, dentro da linha ou minúscula, dentro de coluna, não diferem significativamente. (Bonferroni, p<0,05). Período 1: 13/02 a 26/03/02; período 2: 27/03 a 07/05/02; período 3: 08/05 a 18/06/02; período 4: 19/06 a 30/07/02; período 5: 31/07 a 10/09/02; período 6: 11/09 a 22/10/02; período 7: 23/10 a 03/12/02 e período 8: 04/12 a 14/01/03. EPR: capim-Estrela Porto Rico; T85: capim-Tifton-85; SU: capim-suázi e TV: capim-Transvala.

A relação entre as concentrações de N do capim-suázi foi menor que a dos capins Estrela e Transvala no terceiro e quarto períodos. Este fato está relacionado com a

manutenção de níveis mais elevados de N na fitomassa aérea do capim-suázi ($19,70 \pm 0,80$ e $19,20 \pm 0,75 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente nos períodos 3 e 4) nos meses iniciais do período seco (Tabela 16, página 43) em comparação com a média dos demais capins ($15,91 \pm 0,65$ e $15,37 \pm 0,59 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente nos períodos 3 e 4). Não houve efeito para capins, cujas médias das relações de N concentrado na MSR: MSPA foram: $0,57 \pm 0,08$; $0,55 \pm 0,09$; $0,54 \pm 0,05$ e $0,58 \pm 0,07$, respectivamente para o Estrela, Tifton85, suázi e Transvala.

No final do período seco (período 6), a proporção de N concentrado nas raízes ($0,65 \pm 0,05$) foi superior aos dos períodos de estiagem ($0,50 \pm 0,03$; $0,49 \pm 0,05$ e $0,51 \pm 0,04$, respectivamente para os períodos 1, 7 e 8). O período 6 teve relação MSR: MSPA semelhante aos demais períodos secos, exceto o período 2 ($0,53 \pm 0,02$). Essa informação é melhor visualizada na Figura 24.

O aumento da relação observada no período seco é uma característica da plasticidade que essas gramíneas possuem para suportar o período de estiagem mais prolongado e com temperaturas mais baixas.

O acúmulo de nutrientes na MSR, no momento do corte, é importante para a rebrota da parte aérea, quando da redução da área fotossinteticamente ativa por ocasião das avaliações. As relações de acúmulo de N da MSR: MSPA por capim (Figura 25) e por período (Figura 26) são mostradas para melhor visualizar a discussão.

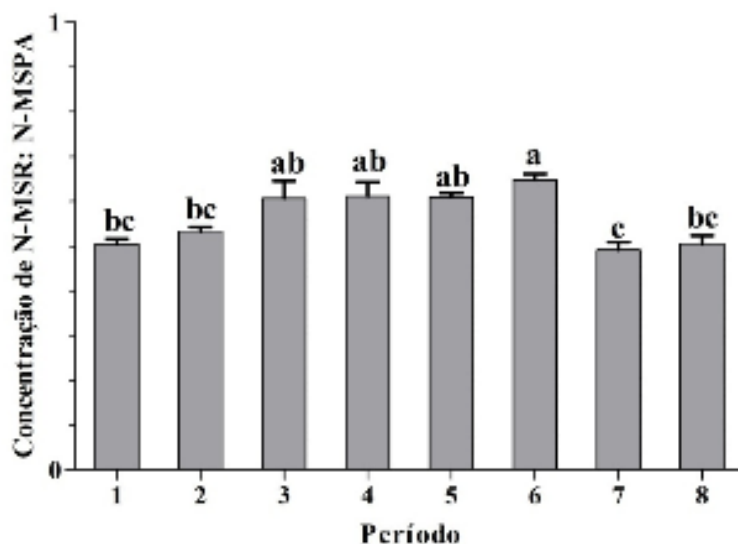


Figura 24. Relação da concentração de média de nitrogênio das raízes e da parte aérea por período (média de quatro capins).

Verifica-se que houve diferença entre as relações de acúmulo apenas nos capins do gênero *Digitaria*, onde o capim-Transvala ($0,66 \pm 0,27$) acumulou proporcionalmente mais N no sistema radicular que o capim-suázi ($0,44 \pm 0,16$), devido à menor acumulação de N nas raízes do capim-suázi, principalmente no período seco. Tal acumulação, que por sua vez, foi devida ao menor estoque de MSR do capim-suázi (Tabela 7, página 29).

O capim-Estrela produziu mais MSR (Tabela 7) e menor concentração de N radicular (Figura 22, página 48) que o capim-Transvala. A combinação destes parâmetros resultou na relação de N acumulado na MSR: MSPA do capim-Estrela ($0,63 \pm 0,22$) semelhante à do capim-Transvala.

O capim-Tifton-85 ($0,52 \pm 0,29$) não diferiu sua relação de N acumulado na MSR: MSPA de todos os demais capins.

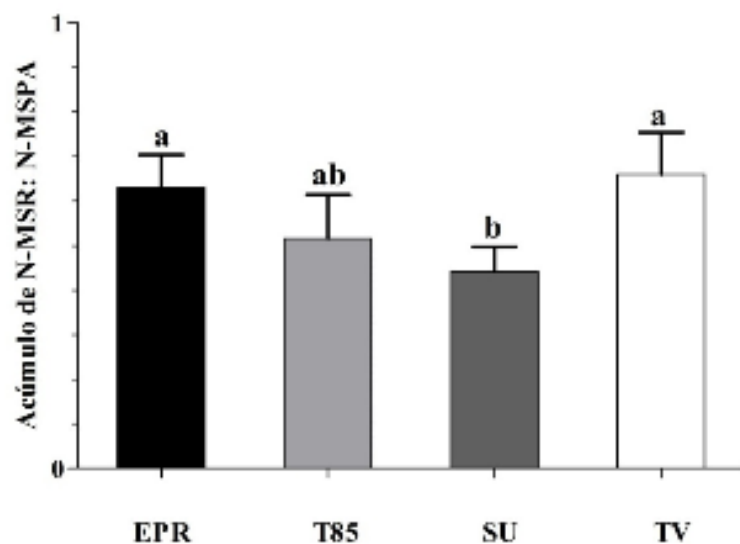


Figura 25. Relação do acúmulo médio de nitrogênio das raízes: parte aérea dos capins Estrela Porto Rico (EPR); Tifton-85 (T85); suázi (SU) e Transvala (TV) (média de oito períodos).

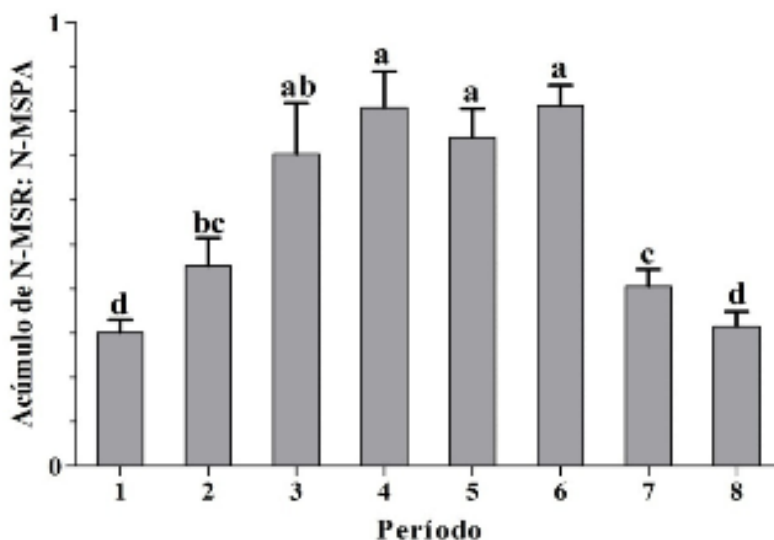


Figura 26. Relação do acúmulo médio de nitrogênio das raízes: parte aérea por período (média de quatro capins).

O aumento da relação observada no período seco é uma característica da plasticidade que essas gramíneas possuem para suportar o período de estiagem mais prolongado e com temperaturas mais baixas. Verificou-se que os períodos 3 a 6 acumularam proporcionalmente ($0,77 \pm 0,17$) mais N nas raízes que a parte aérea, comparados aos períodos de chuvas, com: $0,30 \pm 0,06$; $0,41 \pm 0,08$ e $0,31 \pm 0,07$, respectivamente para os períodos 1, 7 e 8.

4.7.2 Fósforo.

a- Parte aérea.

Verificou-se que o teor de fósforo na MSPA foi influenciado apenas pelo período de corte ($p < 0,0001$) e pelo capim ($p = 0,0007$) (Tabela 32, página 85). A concentração média de fósforo dos quatro capins é mostrada na Figura 27, e dos oito períodos na Figura 28.

Na média dos oito cortes as digitárias concentraram mais P na MSPA $3,227 \pm 0,319$ e $3,206 \pm 0,384 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente para os capins Transvala e suázi, que o capim-Tifton-85 ($2,900 \pm 0,315 \text{ g kg}^{-1}$). Não houve diferença na concentração de fósforo (P) entre os capins do mesmo gênero.

De uma forma geral, a concentração na MSPA de P foi menor no período seco do ano que no período chuvoso. No oitavo período ($3,466 \pm 0,289 \text{ g kg}^{-1}$) os capins concentraram mais P no sistema radicular que no período seco: $3,122 \pm 0,312$; $2,944 \pm 0,261$; $2,822 \pm 0,342$; $2,769 \pm 0,261$ e $2,925 \pm 0,325 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente para os períodos 2 a 6.

Apesar de as digitárias concentraram mais fósforo (P) na MSPA (Figura 27) que o capim-Tifton-85, não houve diferença entre os acúmulos de P entre estes capins, sendo os acúmulos de P: $37,15 \pm 24,91$; $33,63 \pm 21,82$ e $33,45 \pm 21,01 \text{ kg ha}^{-1}$ para os capins Tifton-85, suázi e Transvala, respectivamente.

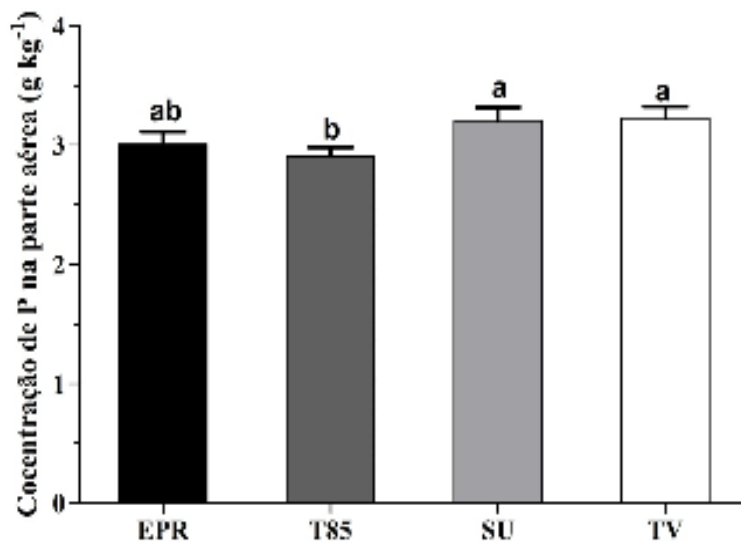


Figura 27. Concentração de fósforo na parte aérea dos capins Estrela Porto Rico (EPR); Tifton-85 (T85); suázi (SU) e Transvala (TV) (média de oito períodos).

Como o que ocorreu com o nitrogênio, o acúmulo de P foi relacionado à produção de MSPA, seguindo a mesma tendência de queda nos períodos secos (Figura 29), de maneira tão acentuada para o fósforo como foi para o nitrogênio.

Conforme relatado por Mesquita et al. (2004), o acúmulo de P na MSPA foi menor no período seco do ano que no período chuvoso. Para o N, a diferença entre o período de maior e menor acúmulo foi de 632% ($14,1 \pm 1,6$ e $89,1 \pm 13,8 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente para os períodos 5 e 8) e para o P a diferença foi de 611% ($11,7 \pm 1,3$ e $71,3 \pm 5,6 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente para os períodos 5 e 8).

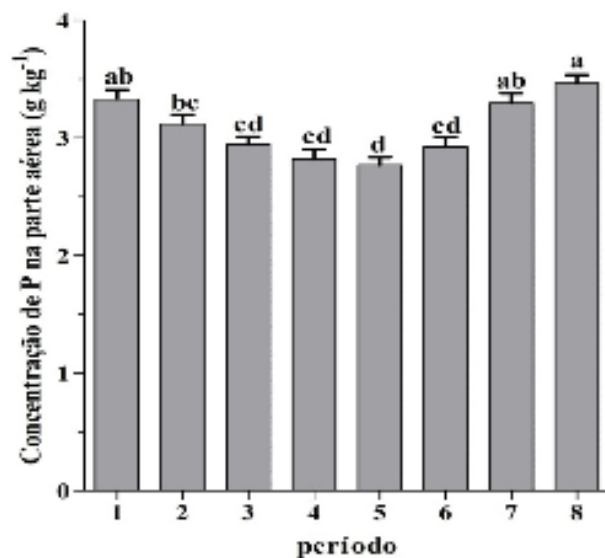


Figura 28. Concentração de fósforo (g kg⁻¹) na parte aérea em oito períodos (média de quatro forrageiras).

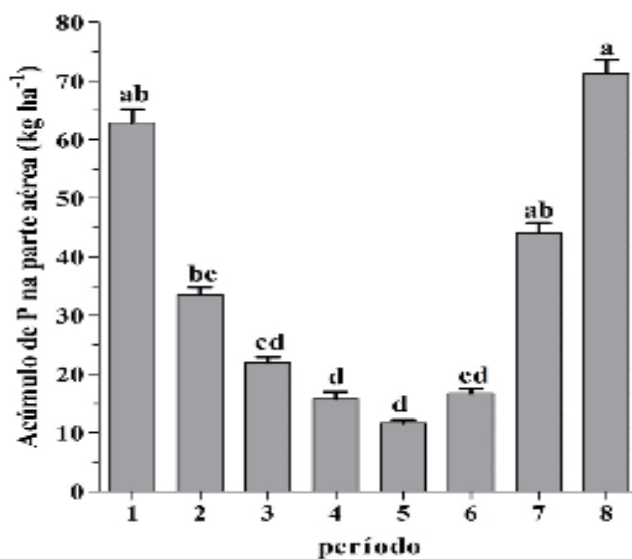


Figura 29. Acúmulo de P (kg ha⁻¹ corte⁻¹) na forragem em função dos períodos de corte (média de quatro capins).

b- Raízes.

Nas raízes, a concentração de fósforo foi significativa para os fatores capins ($p = 0,143$) (Figura 30) e períodos ($p < 0,001$) (Figura 31).

Não houve diferença na concentração de P nas raízes entre os capins do mesmo gênero. As concentrações de P no sistema radicular dos capins do gênero *Digitaria* ($2,886 \pm 0,302$ e $2,758 \pm 0,366$ g kg⁻¹, respectivamente para os capins Transvala e suázi) foram maiores que as encontradas nos capins do gênero *Cynodon*, ($2,594 \pm 0,275$ e $2,560 \pm 0,307$ g kg⁻¹, respectivamente para os capins Estrela e Tifton-85).

A concentração de P na MSR foi menor no período seco (2 a 6) do ano ($2,524 \pm 0,204 \text{g kg}^{-1}$) que no período chuvoso ($2,993 \pm 0,129 \text{g kg}^{-1}$).

O estoque de P radicular não variou entre os capins ($9,58 \pm 3,63$; $7,89 \pm 3,08$; $6,32 \pm 2,68$ e $7,93 \pm 2,70 \text{kg ha}^{-1}$, respectivamente para os capins Estrela, Tifton-85, suázi e Transvala), entretanto, entre os períodos, o estoque de P foi dependente da produção de MSR, seguindo a mesma tendência ocorrida para o nitrogênio, de menores acúmulos nos períodos secos do que no período chuvoso. O acúmulo médio de fósforo ($p < 0,001$) nos oito períodos é mostrado na Figura 32.

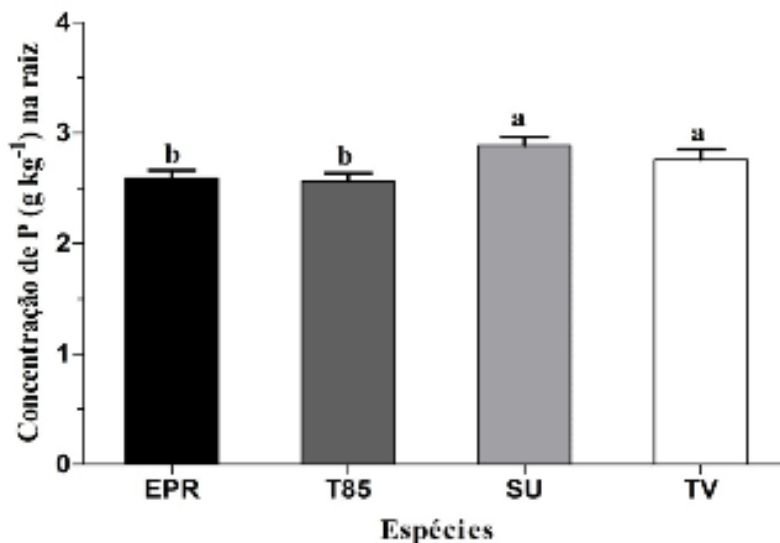


Figura 30. Concentração de fósforo nas raízes, dos capins Estrela Porto Rico (EPR); Tifton-85 (T85); suázi (SU) e Transvala (TV) (média de oito períodos).

A variação entre os períodos de menor e maior acúmulo de P (períodos 5 e 8) foi de 290%. O acúmulo de P na MSR foi menor no período seco ($6,24 \pm 1,61 \text{kg ha}^{-1}$) que no período chuvoso ($10,74 \pm 0,98 \text{kg ha}^{-1}$). No início do período seco (2) ($8,38 \pm 2,31 \text{kg ha}^{-1}$) o acúmulo de P na MSR foi semelhante aos períodos 1 e 7 ($10,66 \pm 3,23$ e $9,81 \pm 1,74 \text{kg ha}^{-1}$, respectivamente), e inferior ao período 8 ($11,76 \pm 2,28 \text{kg ha}^{-1}$). O período 5 (31/07 a 10/09/02) foi o que acumulou menor quantidade de P na MSR ($4,05 \pm 0,98 \text{kg ha}^{-1}$).

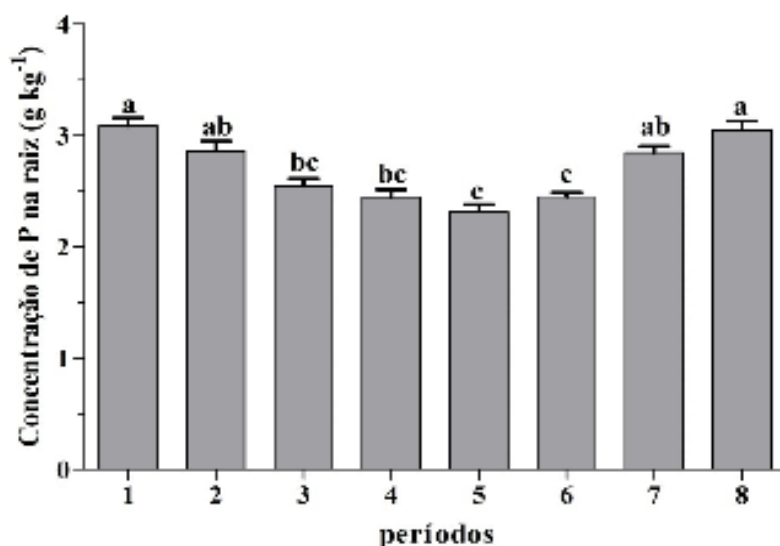


Figura 31. Concentração de fósforo nas raízes, em função dos períodos (média de quatro espécies).

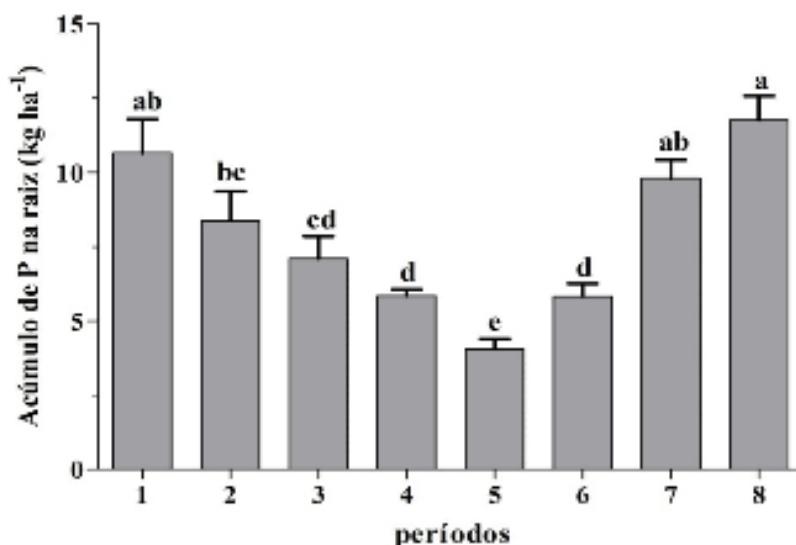


Figura 32. Acúmulo de fósforo (P) (kg ha⁻¹ corte⁻¹) nas raízes em oito períodos (média de quatro capins).

c- Relação raiz: parte aérea.

Não houve efeito da relação entre a concentração de P na MSR: MSPA (Tabela 36, página 89). A média geral entre a relação da concentração de P na MSR: MSPA foi $0,876 \pm 0,071$. Para os capins, a variação da relação entre as concentrações de P foi: $0,901 \pm 0,062$ e $0,852 \pm 0,059$, respectivamente para os capins suázi e Transvala. Entre os períodos, a variação foi: $0,926 \pm 0,033$ e $0,840 \pm 0,080$, respectivamente para os períodos 1 e 5. É sabido (Klepper, 1991; Fisher et al., 1994) que as plantas mobilizam P para a formação da semente, entretanto essas gramíneas produzem poucas sementes inviáveis, sendo a

principal forma de multiplicação a vegetativa, ou seja, através dos estolões enraizados ou não. Talvez, devido ao tipo de multiplicação, essas plantas tenham se adaptado, redirecionando o fósforo para outras atividades metabólicas, como, por exemplo, a produção de fotoassimilados (Parsons et al., 1988).

Já para a relação entre o acúmulo de P na MSR: MSPA (Tabela 37, página 90) houve efeito para períodos ($p < 0,001$). Essa diferença foi devida somente à diferença de produção de MSR e MSPA que ocorre entre os períodos, uma vez que a concentração de P entre os capins e entre os períodos não apresentou diferenças.

A relação entre o fósforo acumulado na parte aérea e o estocado no subsolo dobra no período seco (Figura 33).

A diferença na relação entre o P estocado nas raízes: parte aérea nos períodos é devida à maior produção de MSR no período seco *versus* a maior produção de MSPA no período chuvoso.

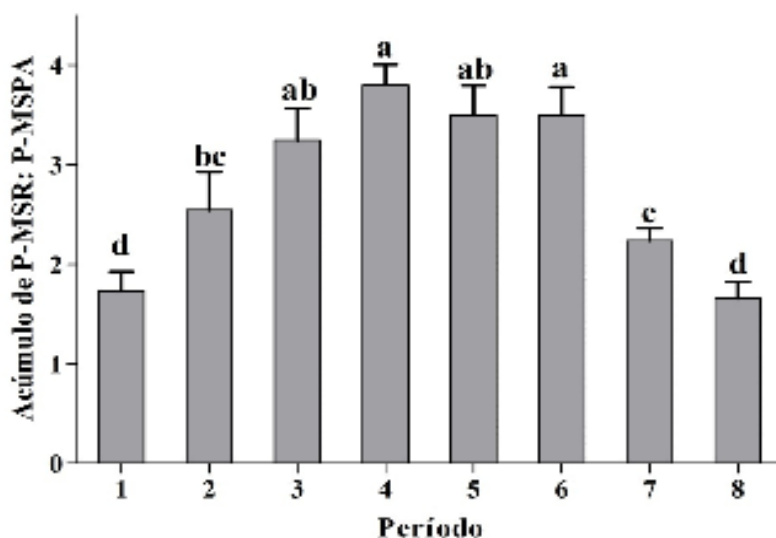


Figura 33. Acúmulo relativo médio de fósforo no sistema radicular: parte aérea por períodos.

4.7.3 Cálcio.

a- Parte aérea.

Para concentração de cálcio (Tabela 32, página 85), houve efeito para a interação capim *versus* período ($p = 0,0376$).

A concentração de cálcio da parte aérea de quatro gramíneas, em oito períodos, é mostrada na Tabela 21.

Exceto no período 7 dos capins Tifton-85 e Transvala, a concentração de cálcio (Ca) na fitomassa aérea foi maior no período chuvoso que no período seco. Houve diferença entre os capins nos períodos 1, 6 (final do período seco) e 7 (início das chuvas), nestes três períodos, o capim-suázi teve maior concentração que um capim do gênero *Cynodon*.

Como foi comentado anteriormente com o nitrogênio, não é comum nos casos em que houve interação, a discussão dos efeitos individuais, entretanto, devido à escassez de literatura referente à relação de concentração de nutrientes entre os compartimentos aéreo e subterrâneo, os efeitos individuais serão comentados, para embasar a discussão das relações.

Houve efeito na concentração de Ca na parte aérea para capins ($p = 0,0033$) e para período ($p < 0,0001$).

Tabela 21. Concentração de cálcio na massa seca da parte aérea de quatro gramíneas forrageiras, no período de 12/02/02 a 14/01/03.

Capim	Teor de cálcio (g kg^{-1})							
	Época							
	1	2	3	4	5	6	7	8
EPR	4,9Ab	4,4Ba	4,4Ba	4,4Ba	4,3Ba	4,5Ba	5,1Aab	5,1Aa
T85	5,2Aab	4,7Ba	4,6Ba	4,4Ba	4,0Ca	3,8Cb	4,5Bb	5,1Aa
SU	5,9Aa	4,7Ca	4,5Ca	4,7Ca	4,5Ca	4,6Ca	5,3Ba	5,2Ba
TV	5,6Aab	5,1Ba	4,4Ca	4,1Ca	4,2Ca	4,2Cab	5,2ABab	5,4Aa

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula, dentro da linha ou minúscula, dentro de coluna, não diferem significativamente. (Bonferroni, $p < 0,05$). Período 1: 13/02 a 26/03/02; período 2: 27/03 a 07/05/02; período 3: 08/05 a 18/06/02; período 4: 19/06 a 30/07/02; período 5: 31/07 a 10/09/02; período 6: 11/09 a 22/10/02; período 7: 23/10 a 03/12/02 e período 8: 04/12 a 14/01/03. EPR: capim-Estrela Porto Rico; T85: capim-Tifton-85; SU: capim-suázi e TV: capim-Transvala.

Na Figura 34, é mostrada a concentração de cálcio de quatro gramíneas, média de oito períodos.

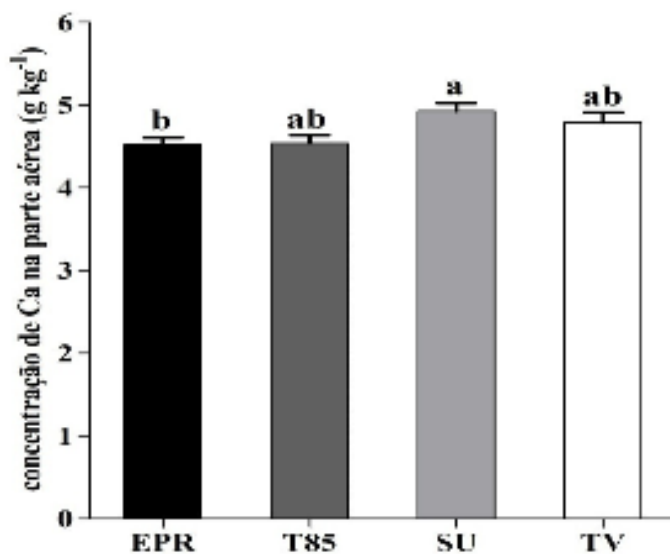


Figura 34. Concentração de cálcio (g kg^{-1}) na parte aérea dos capins Estrela Porto Rico (EPR); Tifton-85 (T85); suázi (SU) e Transvala (TV) (média de oito períodos).

Na média dos oito períodos, o capim-suázi ($4,93 \pm 0,54 \text{g kg}^{-1}$) apresentou maior concentração de Ca na MSPA que o capim-Tifton-85 ($4,52 \pm 0,45 \text{g kg}^{-1}$).

Na Figura 35, visualiza-se a concentração de cálcio em oito períodos, média de quatro capins.

A concentração média nos períodos chuvosos ($5,17 \pm 0,09 \text{g kg}^{-1}$) foi superior a do período seco ($4,40 \pm 0,44 \text{g kg}^{-1}$).

Houve efeito no acúmulo de Ca-MSPA (Tabela 37, página 90) para capins ($p = 0,0300$) e para período ($p < 0,0001$).

A representação do acúmulo de cálcio na MSPA é mostrada na Figura 36.

O acúmulo de cálcio (Ca) no início do período seco e no início do período chuvoso foi intermediário ao de maior acúmulo (úguas) e ao de menor acúmulo (seco).

Os capins do gênero *Cynodon* acumularam maior quantidade de cálcio que as digitárias (Figura 37).

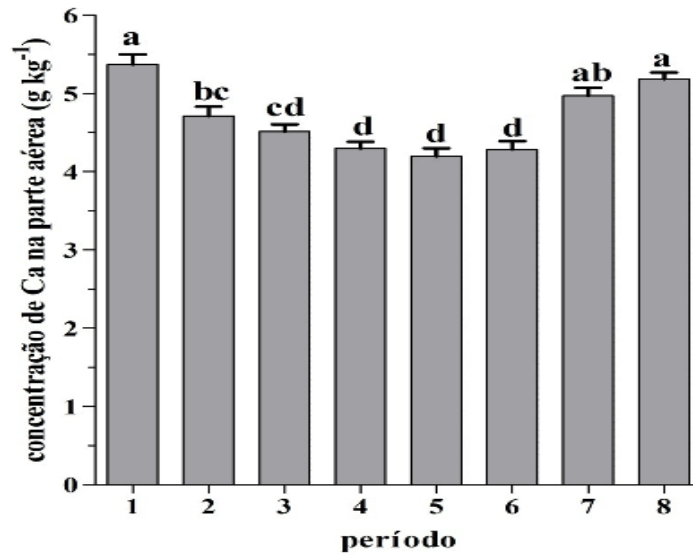


Figura 35. Acúmulo de cálcio (g kg⁻¹) na parte aérea em oito períodos (média de quatro capins).

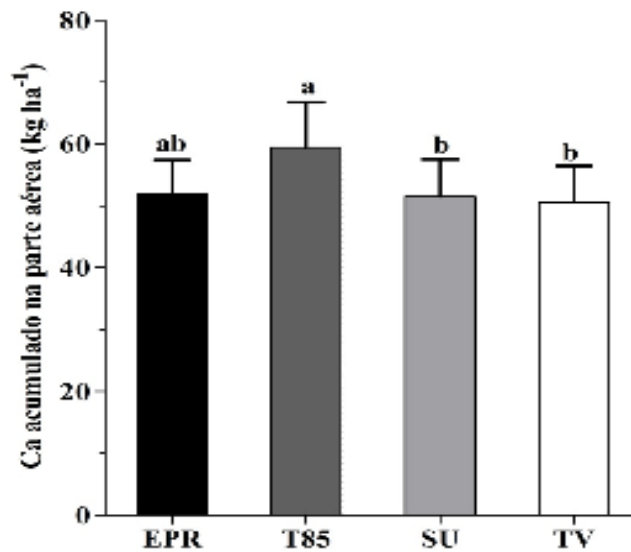


Figura 36. Acúmulo de cálcio (kg ha⁻¹) dos capins Estrela Porto Rico (EPR); Tifton-85 (T85); suázi (SU) e Transvala (TV) (média de oito períodos).

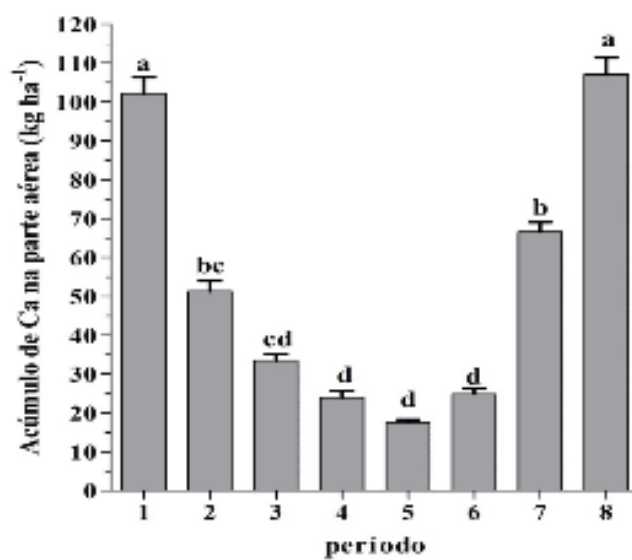


Figura 37. Acúmulo de cálcio na forragem em função dos períodos de corte (média de quatro forrageiras).

b- Raízes.

No sistema radicular, a concentração de cálcio apresentou efeito para capins ($p = 0,0008$) (Figura 38) e para períodos ($p = 0,0001$) (Figura 39).

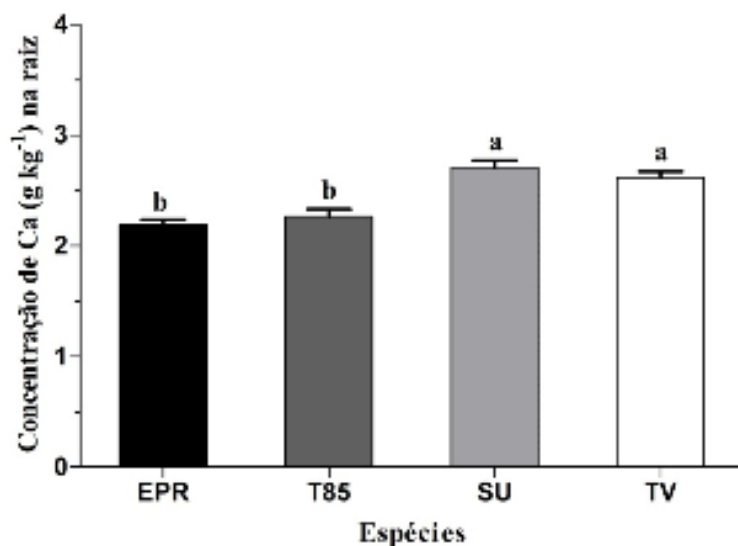


Figura 38. Concentração de cálcio (g kg^{-1}) nas raízes dos capins Estrela Porto Rico (EPR); Tifton-85 (T85); suázi (SU) e Transvala (TV) (média de oito períodos).

As digitárias tiveram maior concentração média de Ca que os capins do gênero *Cynodon*. A concentração de Ca no sistema radicular decresceu com o avanço do período seco e, na entrada do período chuvoso, o estoque voltou a aumentar.

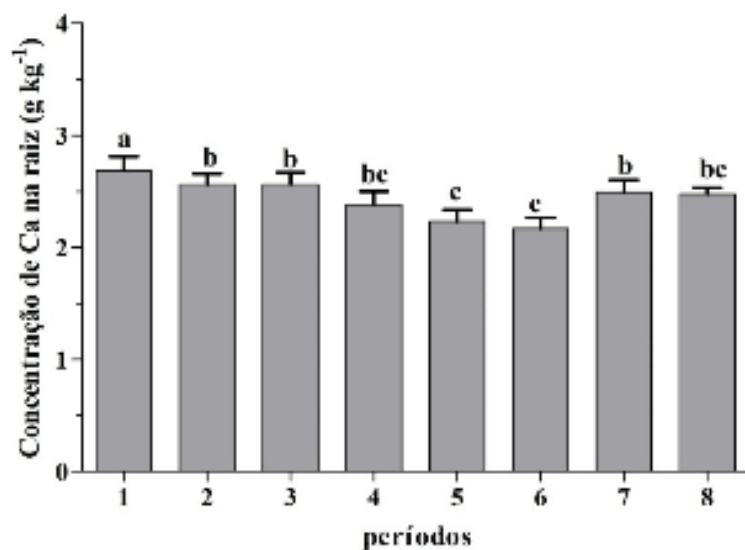


Figura 39. Concentração de cálcio (g kg⁻¹) nas raízes em função dos períodos (média de quatro espécies).

O estoque de cálcio no sistema radicular somente apresentou efeito para período ($p < 0,0001$). Na Figura 40 observam-se menores valores de cálcio estocado na MSR no período seco.

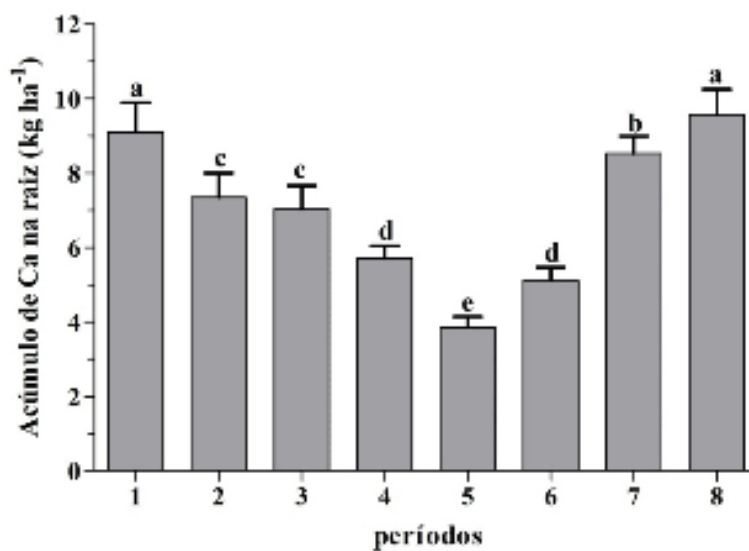


Figura 40. Estoque de cálcio (g kg⁻¹) nas raízes em função dos períodos (média de quatro espécies).

A variação entre a concentração (Figura 39) e estoque (Figura 40) de cálcio entre os períodos seco e chuvoso nas raízes está diretamente relacionada com a variação da MSR ocorrida nestes períodos (Figura 10).

c- Relação raiz: parte aérea.

Para cálcio, houve efeito entre a relação das concentrações de Ca na MSR: MSPA (Tabela 36, página 89) para capins ($p = 0,0064$) e períodos ($p = 0,0016$).

Para os capins, a variação da relação entre as concentrações de Ca (Figura 41) foi de $0,901 \pm 0,062$ e $0,852 \pm 0,059$, respectivamente para os capins suázi e Transvala.

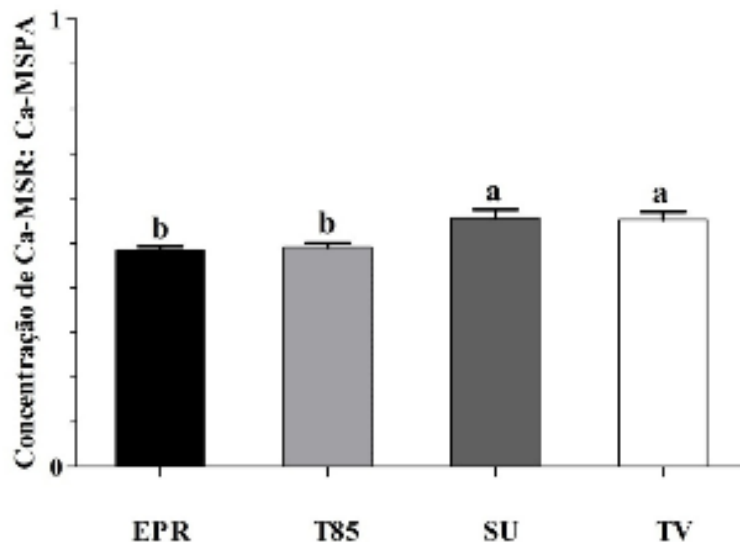


Figura 41. Concentração relativa de cálcio no sistema radicular: parte aérea por capim.

Entre os períodos, a variação foi: $0,926 \pm 0,033$ e $0,840 \pm 0,080$, respectivamente para os períodos 1 e 5 (Figura 42).

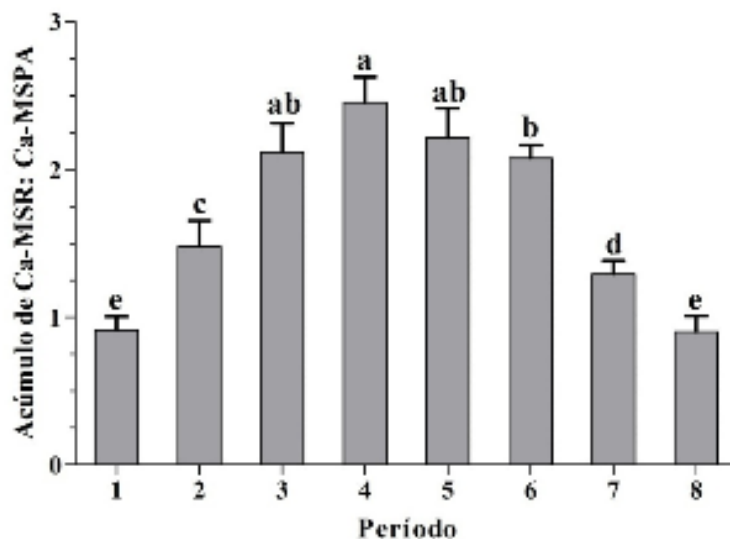


Figura 42. Concentração relativa de cálcio no sistema radicular: parte aérea por períodos.

Para a relação entre acúmulo de Ca na MSR: MSPA (Tabela 37, página 90) houve efeito para períodos ($p < 0,0001$) (Figura 43).

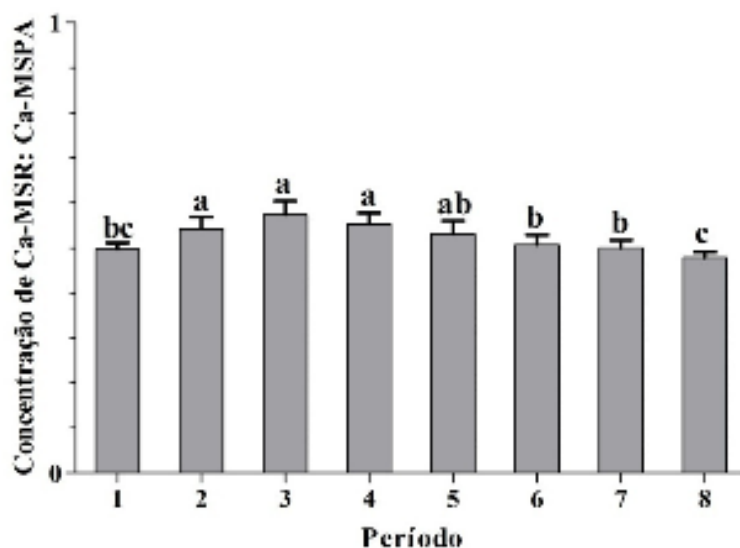


Figura 43. Concentração relativa de cálcio no sistema radicular: parte aérea por períodos (média de quatro capins).

A relação entre o cálcio acumulado na parte aérea e o estocado no subsolo dobra no período seco. A diferença na relação entre períodos é devido à maior produção de MSPA no período chuvoso.

4.7.4 Magnésio.

a- Parte aérea.

Na parte aérea, apenas houve efeito de período para concentração ($p < 0,0001$) e acúmulo ($p < 0,0001$) de magnésio. A concentração média (oito períodos) de magnésio na parte aérea de foi $3,00 \pm 0,43$; $2,98 \pm 0,41$; $3,25 \pm 0,47$ e $3,16 \pm 0,39 \text{g kg}^{-1}$, respectivamente para os capins Estrela, Tifton-85, suázi e Transvala. A concentração de Mg por período é mostrada na Figura 44.

No período das chuvas houve maior concentração de magnésio que no período seco. A maior concentração de nutriente no período chuvoso pode ser devido ao maior comprimento radicular encontrado nesse período.

Entre as gramíneas, a variação do acúmulo de nutrientes foi de: $32,7 \pm 20,6$ e $38,1 \pm 25,7 \text{kg ha}^{-1}$, respectivamente para os capins Transvala e Tifton-85. O acúmulo médio de magnésio por período na parte aérea de quatro gramíneas é mostrado na Figura 45.

O acúmulo de magnésio no período chuvoso foi superior ao ocorrido no período seco, evidenciando mais uma vez uma estreita relação do acúmulo de nutriente com a produção da MSPA.

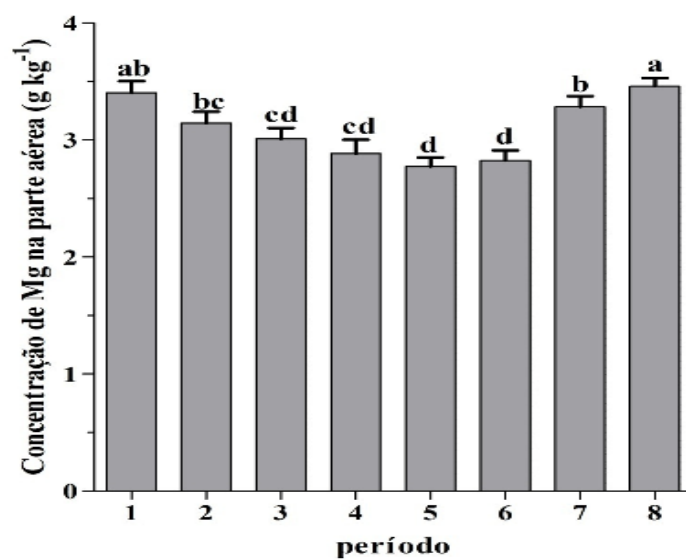


Figura 44. Concentração de magnésio (g kg⁻¹) na forragem em função dos períodos de corte (média de quatro espécies).

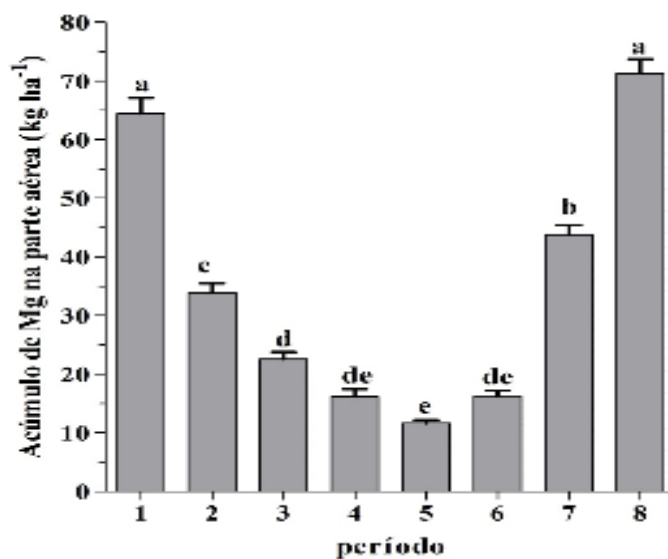


Figura 45. Acúmulo de magnésio (g kg⁻¹) na forragem em função dos períodos de corte (média de quatro espécies).

b- Raízes.

Houve efeito de medidas repetidas no tempo para a concentração ($p = 0,0083$) e para o acúmulo ($p = 0,0134$) de Mg nas raízes. Isso significa dizer que as concentrações e acúmulos de magnésio são influenciados pelo período anterior e, por sua vez, influenciam o período seguinte.

Na Figura 46 observa-se que as digitárias concentraram mais Mg que os *Cynodon*.

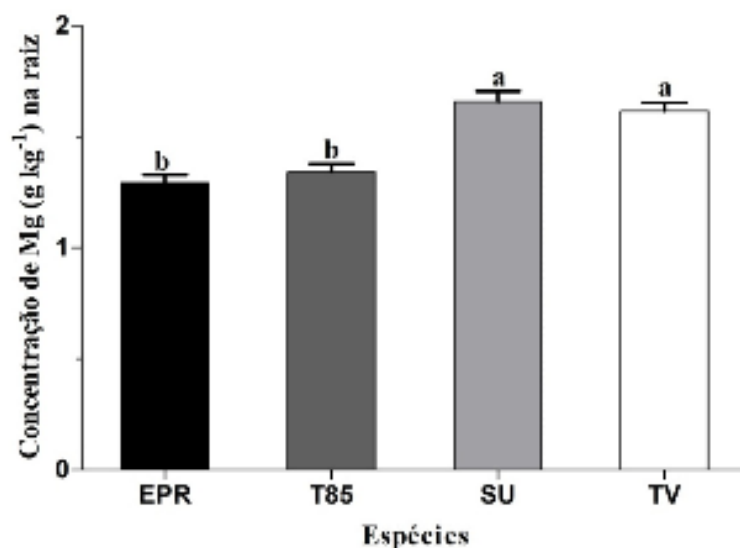


Figura 46. Concentração de magnésio (gMg kgMSR^{-1}) nas raízes dos capins Estrela Porto Rico (EPR); Tifton-85 (T85); suázi (SU) e Transvala (TV) (média de oito períodos).

A concentração de magnésio também apresentou efeito para períodos ($p < 0,0001$, Figura 47).

A concentração de Mg no sistema radicular decresceu com o avanço do período seco e, na entrada do período chuvoso, a concentração voltou a aumentar.

Além do efeito de encadeamento (repetição no tempo), o acúmulo de magnésio apresentou efeito para períodos ($p < 0,0001$, Figura 48). Para os capins (média de oito períodos), o acúmulo de Mg nas raízes foi: $4,78 \pm 1,84$; $4,08 \pm 1,48$; $3,60 \pm 1,46$ e $4,59 \pm 1,30 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente para os capins Estrela, Tifton-85, suázi e Transvala.

O acúmulo de Mg no sistema radicular decresceu com o avanço do período seco, acompanhando o estoque de MSR que diminui neste período crítico de umidade e/ou temperatura. Assim que as condições abióticas se tornam mais favoráveis, há um aumento no acúmulo de nutriente.

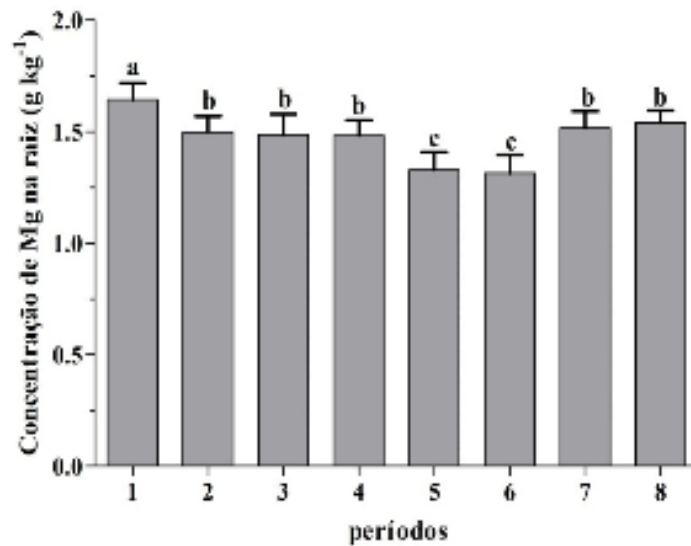


Figura 47. Concentração de magnésio (g kg^{-1}) radicular, em função dos períodos de corte (média de quatro espécies).

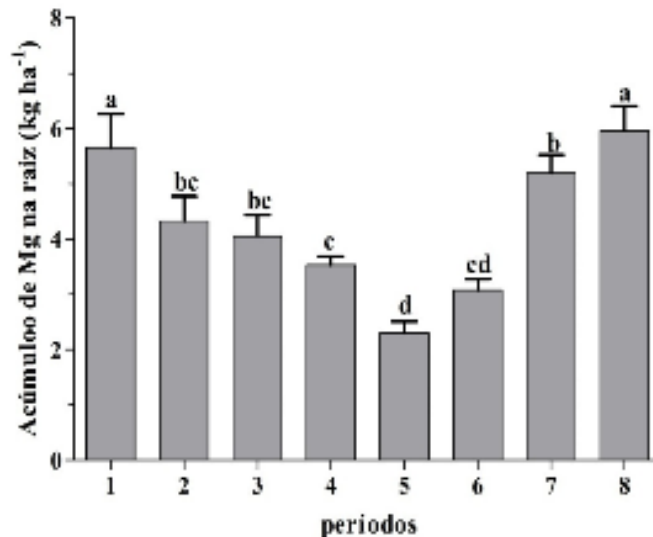


Figura 48. Estoque de magnésio (kg ha^{-1}) radicular em função dos períodos de corte (média de quatro espécies).

c- Relação raiz: parte aérea.

Não houve efeito nas relações de concentrações Mg-MSR: Mg-MSPA para capim e período. Os capins tiveram relações de $0,43 \pm 0,04$; $0,45 \pm 0,05$; $0,51 \pm 0,05$ e $0,51 \pm 0,06$, respectivamente para os capins Estrela, Tifton-85, suázi e Transvala. Para os períodos as relações foram: $0,48 \pm 0,04$; $0,48 \pm 0,06$; $0,49 \pm 0,08$; $0,52 \pm 0,06$; $0,48 \pm 0,08$; $0,47 \pm 0,06$; $0,46 \pm 0,06$ e $0,45 \pm 0,05$, respectivamente para os períodos 1 a 8, mostrando que a relação das concentrações de magnésio se mantém estáveis durante todo o ano.

Quando as relações de acúmulo de Mg na MSR: MSPA foram avaliados para os capins não houve efeito: $0,29 \pm 0,06$; $0,26 \pm 0,11$; $0,27 \pm 0,10$ e $0,36 \pm 0,12$, respectivamente para os capins Estrela, Tifton-85, suázi e Transvala. Na Figura 49 se verifica o acúmulo relativo por período.

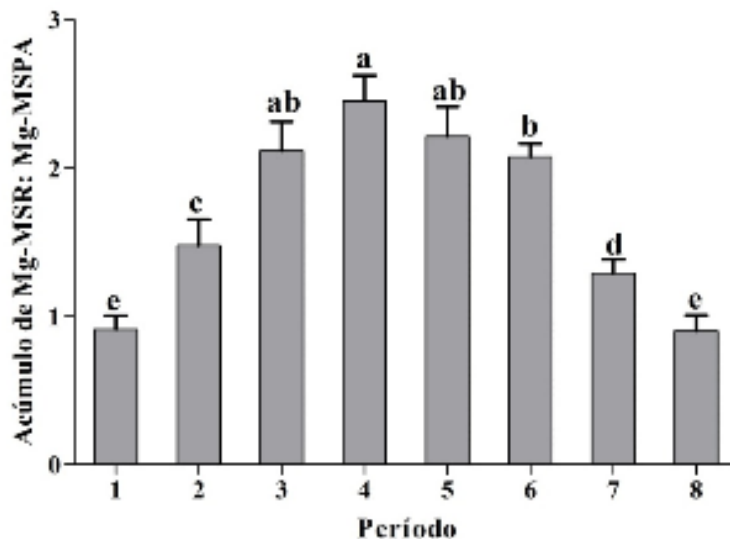


Figura 49. Acúmulo relativo de magnésio no sistema radicular: parte aérea por períodos (média de quatro espécies).

A relação entre o magnésio acumulado na parte aérea e o estocado no subsolo dobra no período seco. A diferença na relação entre períodos é devida à maior produção de MSPA no período chuvoso.

4.8 Avaliação Bromatológica da MSPA (FDN, FDA e lignina).

Para avaliar a composição bromatológica da MSPA, foram analisados, na parte aérea, os teores de FDN, FDA e lignina. Os resultados dessas análises são apresentados na Tabela 22.

Quando analisado o FDN, verificou-se que no primeiro, sétimo e oitavo períodos as digitárias possuem fibra de melhor qualidade que os capins do gênero *Cynodon*, representada pela menor concentração desse constituinte (Van Soest et al., 1991; Silva e Queiroz, 2002). Com relação ao teor de FDA, exceto nos períodos 4 e 5, o EPR apresentou menor concentração que a *Digitaria*, confirmando também para este constituinte da parede celular, a melhor qualidade das digitárias (Van Soest et al., 1991; Silva e Queiroz, 2002). Com relação à Lig, somente no oitavo período o EPR concentrou mais que as digitárias, outra variável que indica melhor qualidade nutritiva das digitárias (Van Soest et al., 1991; Silva e Queiroz, 2002). Para capins do gênero *Cynodon*, Dias, et al. (1998 e 2000) e Prado et al. (2003 e 2004) observaram valores de FDN, FDA e Lig próximos ao registrado no presente trabalho, entretanto Dias, et al. (1998 e 2000), encontraram menores valores para *Digitarias*.

Tabela 22. Concentrações de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (Lig) da MSPA de quatro gramíneas forrageiras, no período de 12/02/02 a 14/01/03.

Capim	Fibra em detergente neutro (FDN) (gFDN kgMSPA ⁻¹)								Média
	Período								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
EPR	753ABa	749ABa	750ABa	770Aa	766Aa	773Aa	760ABa	741Ba	758a
T85	735Bab	749ABa	764Aa	767Aa	772Aa	767Aa	761Aa	741Ba	757a
SU	714BCbc	734ABa	749Aa	757Aa	756Aa	748Aa	696Cb	693Cb	731b
TV	702Cc	734Ba	750ABa	759Aa	763Aa	754Aa	690Cb	682Cb	729b
Média	726BC	741AB	753AB	763A	764A	761A	727B	714C	

Capim	Fibra em detergente ácido (FDA) (gFDA kgMSPA ⁻¹)								Média
	Período								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
EPR	383Ab	365Bb	350Bc	344Ba	339Ba	340Bb	369Ab	385Ab	359b
T85	387Aab	376ABab	360Bbc	346Ba	346Ba	354Bab	379Aab	392Aab	367ab
SU	396Aab	387Ba	379Ba	360Ca	350Ca	359Ca	392Aa	404Aa	378a
TV	402Aa	385Ba	369Cab	356Ca	354Ca	360Ca	392Aa	405Aa	378a
Média	392	378	364	351	347	353	383	396	

Capim	Lignina (Lig) (gLig kgMSPA ⁻¹)								Média
	Período								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
EPR	77Ba	79ABa	84ABa	85Aa	84ABa	81ABa	79ABa	78Ba	81a
T85	77Ba	79ABa	83ABa	85Aa	83ABa	84ABa	74BCa	70Cab	79ab
SU	70Ca	75ABCa	77ABa	81Aa	78ABa	77ABa	71BCa	70Cb	75b
TV	70Ca	73BCa	81Aa	82Aa	81Aa	78ABa	74ABCa	70Cb	76b
Média	74	77	81	83	81	80	75	72	

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula, dentro da linha ou minúscula, dentro de coluna, não diferem significativamente. (Bonferroni, $p < 0,05$). Período 1: 13/02 a 26/03/02; período 2: 27/03 a 07/05/02; período 3: 08/05 a 18/06/02; período 4: 19/06 a 30/07/02; período 5: 31/07 a 10/09/02; período 6: 11/09 a 22/10/02; período 7: 23/10 a 03/12/02 e período 8: 04/12 a 14/01/03. EPR: capim-Estrela Porto Rico; T85: capim-Tifton-85; SU: capim-suázi e TV: capim-Transvala.

Ao analisar o efeito das espécies, verificou-se que os constituintes da parede celular analisados (FDN, FDA e Lig) mostraram que as *Digitaria* possuem melhor valor nutritivo que os *Cynodon*, com menores teores de FDN e Lig e maior teor de FDA. Entre os *Cynodon*, apenas a FDA mostrou diferença entre espécies, com o Tifton-85 apresentando maior concentração que o Estrela Porto Rico. Dias et al. (1998), em Lavras-MG, realizaram cortes a intervalos de 28 dias, na época chuvosa, relataram concentrações de FDN de 659, 648 e 682 g kg⁻¹ para os capins Transvala, suázi e um *Cynodon*, respectivamente.

O período seco apresentou maior concentração de FDN e Lig e menor de FDA, mostrando que nesse período as plantas diminuem o valor nutritivo da MSPA (Van Soest et al., 1991), evidenciando que as forrageiras se adaptam aos fatores ambientais desfavoráveis, na tentativa de diminuir a herbivoria.

4.9 Propriedades Físicas e Químicas do Solo.

Procurando obter informações adicionais para melhor caracterizar os processos de acúmulo de massa seca e nutrientes dos capins selecionados, foi feita uma série de avaliações concernentes às propriedades físicas e químicas do solo.

A Tabela 23 apresenta um resumo dos resultados obtidos, relativos a amostragens feitas no quarto e oitavo períodos, respectivamente.

Tabela 23. Características físicas e químicas do horizonte Ap do solo cultivado com quatro gramíneas forrageiras, em duas épocas de amostragem.

Capim	densidade global (g cm ⁻³)	Macroporosidade (%)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	MO	N	C:N
			(Cmolc kg ⁻¹)		(g kg ⁻¹)		
30/07/02							
EPR ¹	1,29	26	0,41	0,24	18,1	1,1	9,5
T85 ²	1,27	28	0,36	0,17	16,9	0,9	10,9
SU ³	1,31	22	0,51	0,31	19,3	1,0	11,2
TV ⁴	1,27	29	0,62	0,26	21,0	1,3	9,4
14/01/03							
EPR ¹	1,23	29	0,54	0,43	21,0	1,2	10,2
T85 ²	1,24	31	0,59	0,37	20,3	1,4	8,4
SU ³	1,21	32	0,67	0,44	23,3	1,4	9,6
TV ⁴	1,19	35	0,76	0,48	23,1	1,5	8,9

MO = C org. x 1,7241. Profundidade de amostragem 1: 0-0,22; 2 = 0-0,18; 3 = 0-0,20 e 4: 0-0,23 m.

Durante o crescimento radicular, a pressão exercida pelos ápices sobre os espaços vazios concorre à aproximação das partículas minerais, o que, junto à rizodeposição de substâncias orgânicas na rizosfera e à absorção de água, contribui expressivamente para a formação e estabilização da micro e macroagregação da massa do solo (Haynes e Francis, 1993; Haynes e Beare, 1996). Também é significativo o papel da decomposição de tecido radicular após a sua senescência e morte (Vogt e Bloonfield, 1991), especialmente no caso de sistemas densos, como é o caso das gramíneas forrageiras perenes (Russell, 1977; Steen, 1984; Mielniczuk, 1999). Além disso, raízes não decompostas, hifas de fungos e micorrizas também atuam na formação e estabilização dos macroagregados (Haynes e Beare, 1996). Esses processos, como é de se prever, refletem na constituição física e química da massa do solo, particularmente na sua camada superficial (horizonte Ap), onde é maior a concentração de fatores de crescimento (nutrientes) para o vegetal.

Na amostragem feita no final do mês de julho de 2002, os dados evidenciaram respostas diferenciadas: a densidade global média entre os capins foi de $1,29 \pm 0,02 \text{ g cm}^{-3}$ (por comparação, na área não vegetada o valor foi 1,38; Tabela 3, página 14), com uma macroporosidade de $26,3 \pm 3,1\%$, porém o solo sob capim suazi mostrou um maior valor para densidade global e uma macroporosidade menor em relação aos outros capins. Então, supondo que esses valores reflitam de fato a interação das raízes com a matriz do solo, caberia supor que o sistema radicular do suazi estivesse fazendo uma menor contribuição em termos de carbono, em relação aos outros capins. Os dados da Tabela 23, previamente discutidos, parecem corroborar esse ponto de vista, ao indicar que suazi acumulou, consistentemente, menos massa seca por unidade de superfície da pastagem (82% menos que a média geral de $231 \pm 31 \text{ g m}^{-2}$). É claro que, apenas com esse indicador, não é possível tirar conclusões mais consistentes, uma vez que vários fatores atuam conjuntamente sobre o teor e estoque do carbono orgânico das plantas e do solo (Constantini et al., 2007). Assim, os valores de matéria orgânica do solo (MOS) os quais diferiram ligeiramente entre os capins podem ser produto de

aportes diferenciados de carbono derivado de raízes e parte aérea. Em particular, a taxa de conversão de C do tecido radicular e C do solo depende da relação lignina: nitrogênio das raízes (Mielniczuk, 1999), assim como a conversão de carbono da parte aérea em C estável do solo depende da relação C:N da liteira (Boddey et al., 1993). Já os capins Tifton-85 e Transvala que apresentaram maior capacidade de acumular C nas suas raízes, mostraram, como tendência, menores densidades e maiores valores de macroporosidade.

Por outro lado, os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis dos solos sob suázi e Transvala foram maiores do que os dos outros dois capins. Ao mesmo tempo, foi verificado previamente que as concentrações de Ca^{2+} e Mg^{2+} nas raízes dessas forrageiras também foram superiores em relação às dos outros capins (para Ca: Figura 38; para Mg: Figura 46). O mesmo tipo de comportamento foi observado na parte aérea para o Ca^{2+} (Tabela 21), o que sugere uma certa associação entre essas variáveis, que passa pela taxas de reciclagem desses nutrientes, a partir da liteira e da composição radicular.

A segunda amostragem foi realizada no mês de janeiro de 2003, portanto reflete o efeito das chuvas sobre a interação entre os capins e os solos (Figura 6, página 23 e Tabela 38, página 91). Em linhas gerais, os efeitos detectados nesta amostragem com relação às variáveis mensuradas foram qualitativamente similares àquelas feitas durante o período seco, porém se expressando em níveis ligeiramente diferentes. Essa relativa constância nos padrões de resposta, independente de ambiente climático, parece indicar que cada um dos capins estabelece sua própria dinâmica nas relações solo-planta-atmosfera.

No horizonte Bt, não foi detectado efeito diferenciado para os capins, provavelmente devido às baixas densidades de raízes nas camadas inferiores a 0,4-0,6 m, conforme foi mostrado previamente. Uma visualização dos efeitos nessa camada pode ser observada na Tabela 24, Anexo A, página 82.

5. CONCLUSÕES

Em atenção às hipóteses levantadas quando da formulação do presente trabalho, cabem as seguintes conclusões:

a) Independentemente do capim, a relação raiz : parte aérea, com base nas fitomassas, oscilou sazonalmente, tendo maiores valores nos meses mais secos do ano e menores nos meses de maior pluviosidade;

b) Os capins variaram as suas respostas diferencialmente, evidenciando a existência de plasticidade fenotípica para atributos produtivos (acúmulo de forragem) e adaptativos (comprimento radicular); tendo o Tifton-85 se sobressaído pelo nível de produtividade e estabilidade;

c) Maiores diferenças entre capins na produção de fitomassa total (aérea mais radicular) foram observadas nos períodos de maior pluviosidade em relação aos mais secos, o que indica que houve redução na magnitude da plasticidade fenotípica no período seco;

d) Na fitomassa aérea houve diferenças entre gêneros nas concentrações de nitrogênio e fósforo, as quais foram maiores nas *Digitaria*. Com relação à concentração de nutrientes, por períodos, houve comportamento diferenciado. Para nitrogênio, somente no período chuvoso houve diferenças nas concentrações entre os gêneros; o fósforo teve maior concentração no período seco e, o cálcio e magnésio apresentaram maiores concentrações nos períodos chuvosos;

e) Na fitomassa de raízes houve diferenças entre gêneros nas concentrações de fósforo, cálcio e magnésio, as quais foram maiores no gênero *Digitaria*. Por períodos, houve maior concentração de nutrientes no período chuvoso que no período seco;

f) Houve efeito para acúmulo de nutrientes entre os períodos, sendo maiores no período chuvoso, devido às maiores produções de massa seca aérea e radicular neste período;

g) Considerando as relações entre as concentrações e acúmulos de nutrientes contidas na massa seca radicular: massa seca aérea, ocorreram poucos efeitos para capins;

h) Considerando as relações entre as concentrações e acúmulos de nutrientes contidas na massa seca radicular: massa seca aérea no período seco, foram observados maiores valores que os do período chuvoso para nitrogênio, cálcio e magnésio;

i) Verificou-se que, em geral, as *Digitaria* possuíram melhor qualidade de fibra (FDN, FDA e lignina) que os *Cynodon*, sendo essas diferenças concentradas no período chuvoso e;

j) A relativa constância nos padrões de respostas das propriedades físicas e químicas do solo, realizadas no período seco e chuvoso, indica que cada capim estabelece sua própria dinâmica nas relações solo-planta-atmosfera.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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**, v.32, n.1, p.47-54, 2003.
- ARONOVICH, S.; CASTAGNA, A.A.; ARONOVICH, M.A. Potencial das gramíneas do gênero *Digitaria*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 11, p. 829-834. 1996.
- ARRUDA, M.B. Gestão integrada de ecossistemas: a escala da conservação da biodiversidade expandida. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS BRASILEIROS: CONSERVAÇÃO, 5., 2000, Vitória. **Anais...** São Paulo: ACIESP, 2000. p.1-9.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analyses**. 15th ed. Washington, 2038p. 1995.
- BATISTA, K.; MONTEIRO, F.A. Sistema radicular do capim marandu considerando as combinações de doses de nitrogênio e de enxofre. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.821-828, 2006
- BENGOUGH, A.G.; CASTRIGN, A.; PAGÉS, L.; Van NOORDWIJK, M. **Sampling strategies, scaling and statistics**. In: Smit, A.L.; Bengough, A.G.; Engels, C.; Van Noordwijk, M.; Pellerin, S.; Van de Geijn, S.C. (Eds) *Root methods: a handbook*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, p.147-174, 2000.
- BODDEY, R.M.; RESENDE, C.P.; SCKUNKE, R.M.; ALVES, B.J.; CADISH, G.; PEREIRA, J.M. Sustentabilidade de pastagens consorciadas e de gramíneas em monocultura: o papel chave das transformações de nitrogênio. In: SIMPÓSIO SOBRE O MEIO AMBIENTE, OS RECURSOS NATURAIS E A PRODUÇÃO ANIMAL. 30, Rio de Janeiro, 1993. **Anais...** Rio de Janeiro: SBZ, 1993, p. 141-173.
- BOHM, W. **Methods of studying root systems**. New York, Springer-Verlag, 1979. 194p.
- BONO, J.A.M.; MACEDO, M.C.M.; EUCLIDES, V.B.P. Biomassa aérea e do sistema radicular e resistência do solo a penetração de plantas de *Panicum maximum* Jacq. Sob pastejo rotacionado (compact disc). In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 37. Viçosa, 2000. **Anais...** Viçosa: UFV, 2000.
- BORTOLO, M.; CECATO, U.; MARTINS, E.A.; CANO, C.C.P.; COALHO, M.R.; CANTO, M.W.; SANTOS, G.T. Avaliação de uma pastagem de Coastercross-1 (*Cynodon dactylum* (L.) Pers) sob diferentes níveis de matéria seca residual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.627-635, 2001.
- BRASIL, F.C.; STOCCO, F.C.; ZONTA, E.; ROSSIELLO, R.O.P. Distribuição vertical e variação temporal de características radiculares de *Brachiaria humidicola*. **Pasturas Tropicais**, v. 24, p. 14-20, 2001.

BRISKE, D.D.; RICHARDS, J.H. **Plant responses to defoliation: a physiologic, morphologic and demographic evaluation.** In: Bedunah, D.J., Sosebee, R.E. (eds.) *Wildland plants: physiological ecology and developmental morphology.* p.635-710. 1995.

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

CAMARGO FILHO, S.T. **Recuperação de Áreas Degradadas no Município de Paty do Alferes pela introdução de gramíneas forrageiras e leguminosas arbóreas.** 1999. 107p. Tese (Mestrado em Zootecnia) - Instituto de Zootecnia, UFRRJ, Seropédica, 1999 (Dissertação de Mestrado). Orientador: Sylvio Romero de Carvalho.

CAMARGO FILHO, S.T.; SOUZA, A.; CARVALHO, S.R.; GONÇALVES, C.L. COSTA, V.A.C.; LEMOS, V.S. Análise do crescimento do capim-Transvala (*Digitaria decumbens* Stent cv. Transvala) sob três níveis de adubação de NPK. **Revista da Universidade Rural - Série Ciências da Vida**, Seropédica, v. 24, n. 1, p. 115-120, 2004.

CARNEVALLI, R.A.; SILVA, S.C.; FAGUNDES, J.L.; SBRISSIA, A.F.; CARVALHO, C.A.B.; PINTO, L.F.M.; PEDREIRA, C.G.S. Desempenho de ovinos e respostas de pastagens de Tifton-85 (*Cynodon* spp.) sob lotação contínua. **Scientia Agricola**, v.58, n.1, p.7-15. 2001.

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

CASTRO, F.G.F.; HADDAD, C.M.; VIEIRA, A.C.; VENDRAMINI, J.M.B.; PERALTA, O.R. Época de corte, produção, composição químico-bromatológica e digestibilidade da matéria seca da grama-Estrela florico. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 1, p. 838-842, 1999.

CECATO, U.; CANO, C.C.P.; BORTOLO, M.; HERLING, V.R.; CANTO, M.W.; CASTRO, C.R.C. 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**, v. 30, n.3, p.644-650, 2001.

CORSI, M.; MARTHA JUNIOR, G.B.; PAGOTTO, D.S. **Sistema radicular: dinâmica e resposta a regimes de desfolha.** In: Mattos, W.R.S.; Faria, V.P.; Silva, S.C.; Nussio, L.G.; Moura, J.C. (Ed). *A produção animal na visão dos brasileiros.* Piracicaba: FEALQ, 2001, p.838-852.

COSTA, C.; DWYER, L.M.; HAMILTON, R.I.; HAMEL, C.; NANTAIS, L.; SMITH, D.L. A sampling method for measurement of large root systems with scanner-based image analysis. **Agronomy Journal**, v.92, p.621-627, 2000.

COSTA, Palmiro Alvão da. **Produção forrageira e valor nutritivo do capim-Estrela (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) em três idades de corte, em Belém, Pará.** 1999. 33f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, 1999 (Dissertação de Mestrado). Orientador: .

COSTANTINI, A.; DE-POLLI, H.; ROSSIELLO, R.O.P.; PLENCOVICH, M.C. Organic carbon origin and stock in cultivated and grassland soil of the Argentine Pampa. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 38, p.2767-2778, 2007.

COUTINHO, L.M. O conceito de bioma. **Acta Botânica Brasílica**, v.20, n.1, p.13-24, 2006.

CRUSH, J.R.; EASTON, H.S.; WALLER, J.E.; HUME, D.E.; FAVILLE, M.J. Genotypic variation in patterns of root distribution, nitrate interception and response to moisture stress of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) mapping population. **Grassland and Forage Science**, v. 62, p. 265-273, 2007.

CRUSH, J.R.; WALLER, J.E.; CARE, D.A. Root distribution and nitrate interception in eleven temperate forage grasses. **Grassland and Forage Science**, v. 60, p. 385-392, 2005.

DAVIES, A.; FORTHERGILL, M.; MORGAN, C.T. Assesment of contrasting perennial ryegrass, with and without white clover, under continuous sheep stoking in the uplands. 5. Herbage production, quality and intake in years 4-6. **Grass and Forage Science**, v.48, p.213-222, 1993.

DEREGIBUS, V.A.; JACOBO, E.; ANSIN, O.E. Grassland use and plant diversity in grazed ecosystems. In: International Grassland Congress, 19º, São Pedro: 2001, **Proceedings...** p.552-554.

DIAS, P.F.; ROCHA, G.P.; ROCHA FILHO, R.R.; LEAL, M.A.A.; ALMEIDA, D.L.; SOUTO, S.M. Produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais, avaliadas no período das águas, sob diferentes doses de nitrogênio. **Ciência Agrotécnica**, v. 24, n. 1, p. 260-271, 2000.

DIAS, P.F.; ROCHA, G.P.; OLIVEIRA, A.I.G.; PINTO, J.C.; ROCHA FILHO, R.R.; SOUTO, S.M. Produtividade e qualidade de gramíneas forrageiras tropicais sob adubação nitrogenada no final do período das águas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.7, 1998.

DONAGHY, D. J.; FULKERSON, W.J. Priority for allocation of water soluble carbohydrate reserves during regrowth of *Lolium perenne*. **Grass and Forage Science**, v.53, p.211-218, 1998.

DOWDY, R.H., NATER, E.A.; DOLAN, M.S. **Quantification of the length and diameter de root segments with public domain software**. Communications in Soil Science and Plant Analysis, v .26, n.3-4, p.459-468, 1995.

EIRA, P.A. **Transformações do nitrogênio em solo sob vegetação de *Digitaria decumbens***. Itaguaí, 1977. 145p. (Mestrado - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro).

EIRA, P.A.; ALMEIDA, D.L.; ALVAHYDO, R. Movimento do íon nitrato no solo da série Itaguaí nas condições naturais de campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 3, p. 267-273, 1968.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 2006. 412p.

- ESPINDOLA, J.A.A.; ALMEIDA, D.L.; GUERRA, J.G.M.; SILVA, E.M.R. Flutuação sazonal da biomassa microbiana e teores de nitrato e amônio de solo coberto com *Paspalum notatum* em um agroecossistema. **Floresta e Ambiente**, v.8, n.1, p. 104-113, 2001.
- ESTRADA, A.D.; CARVALHO, S. R.; ALMEIDA, J.C.C.; CAMARGO FILHO, S. T. **Influência do Intervalo de corte sobre a produção de Matéria Seca e o teor de nitrogênio em gramíneas dos gêneros *Cynodon* e *Digitaria***. Revista da Universidade Rural - Série Ciências da Vida, Seropédica, v. 23, n. 2, p. 19-26, 2003.
- EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A.; BERNARDES, T.F. Avaliação de Algumas Características da Silagem de Gramínea Estrela Roxa (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst). **Revista Brasileira de Zootecnia**, 29(4):941-946, 2000.
- FISHER, M.J.; RAO, I.M.; AYARZA, M.A.; LASCANO, C.E.; SANZ, J.I.; THOMAS, R.J.; VERA, R.R. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. **Nature**, n. 371, p.236-238, 1994.
- FISHER, N.M., DUNHAM, R.J. **Root morphology and nutrient uptake**. In: The physiology tropical fiends crops. Goldsworthy, P.R.; Fisher, N.M. (Eds) Jonh Wiley & sons, New York, p.85-117. 1984.
- FITTER, A.H. **Characteristics and functions of root systems**. In: Waisel Y.; Eshel, A.; Kafkafi, U. (eds.) Plant roots – the hidden half. Marcel Dekker, Inc. New York, USA. 1991. p.1-20.
- FONTANELI, R.S.; SCHEFFER-BASSO, S.M.; DÜRR, J.W.; APPELT, J.V.; BORTOLINI, F.; HAUBERT, F.A. Predição da composição química de bermudas (*Cynodon* spp.) pela espectroscopia de reflectância no infravermelho proximal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.838-842, 2004.
- FRANÇA, M.G.C.; ROSSIELLO, R.O.P.; RAMOS, F.T.; ZONTA, E. Root growth and proton efflux rates of rice seedlings in a greenhouse environment. **Acta Botânica Brasilica**, v.20, n.1, p.25-30, 2006.
- FRANÇA, M.G.C.; ROSSIELLO, R.O.P.; ZONTA, E.; ARAUJO, A.P.; RAMOS, F.T. Desenvolvimento radicular e influxo de nitrogênio em duas cultivares de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.34, n.10, p.1845-1853, 1999.
- FRANKOW-LINDBERG, B.E. Assimilate partitioning in three white clover cultivars in the autumn, and the effect of defoliation. **Annals of Botany**, v.79, p.83-87, 1997.
- GALE, M. R.; GRIGAL, D.F. Vertical root distributions of northern trees species in relation to sucessional status. **Canadian Journal of Forestry Research**, v.17, p. 829-834, 1987.
- GAO, S.; PAN, W.L.; KOENIG, R.T. Integrated root system age in relation to plant nutrient uptake activity. **Agronomy Journal**, v.90, p.505- 510, 1998.
- GASTAL, F.; BÉLANGER, G.; LEMAIRE, G. A model of the leaf extension rate of tall fescue in response to nitrogen and temperature. **Annals of Botany**, v.70, p.437-442, 1992.

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

GIACOMINI, A.A.; MATTOS, W.T.; MATTOS, H.B.; WERNER, J.C.; CUNHA, E.A.; CARVALHO, D.D. Crescimento de raízes dos capins aruana e Tanzânia submetidos a duas doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 4, p. 1109-1120, 2005.

GILL R.A.; JACKSON R.B. Global patterns of root turnover for terrestrial ecosystems. **New Phytologist**, n.147, p.13-31, 2000.

HADDAD, C.M.; DAIUB, J.A.S.; CASTRO, F.G.F.; TAMASSIA, L.F.M. Produção de matéria seca, valor nutritivo e a maturidade de *Digitaria decumbens* Stent., cv. Transvala. **Scientia Agrícola**, v.56, n.3, p.838-842, 1999.

HADLEY, M. Grassland for sustainable ecosystems. In: International Grassland Congress, 17, Nova Zelândia - Austrália, 1993. **Proceedings...**, p.21-28.

HARRIS, W. **Defoliation as a determinant of the growth, persistence and composition of pastures**. In: Wilson, J.R. (Ed) Plant relations in pastures. Brisbane: CSIRO, 1978. p.67-85.

HAYNES, R.J.; BEARE, M.H.A. Aggregation and organic matter storage in meso-thermal humid soils. In: Carter, M.R.; STUART, B.A., (Eds). Structure and organic matter storage in agricultural soils. Boca Raton: Lewis Publishers, 1996, p.213-262.

HAYNES, R.J.; FRANCIS, G.S. Changes in microbial biomass C, soil carbohydrate composition and aggregate stability induced by growth of selected crop and forage species under field conditions. **Journal of Soil Science**, v.44, p.665-675, 1993.

HUI D.; LUO Y.; KATUL G. Partitioning interannual variability in net ecosystem exchange into climatic variability and functional change. **Tree Physiology**, v.23, p.433-442, 2003.

HUI, D.; JACKSON, R.B. Geographical and interannual variability in biomass partitioning in grassland ecosystems: a synthesis of field data. **New Phytologist**, n.169, p. 85-93. 2006.

JACCOUD, A. e CASTRO, A.F. Curvas de caracterização de umidade dos solos da área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica - Município de Itaguaí. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 14. Santa Maria, RS. 1974. **Anais...** Santa Maria: SBCS, 1974, p.150-178.

JACKSON R.B.; SCHENK H.J.; JOBBÁGY E.G.; CANADELL J.; COLELLO G.D.; DICKINSON R.E.; FIELD C.B.; FRIEDLINGSTEIN P.; HEIMANN M.; HIBBARD K.; KICKLIGHTER D.W.; KLEIDON A.; NEILSON R.P.; PARTON W.J.; SALA O.E.; SYKES M.T. Sistema radicular consequences of vegetation change and their treatment in models. **Ecological Applications**, v.10, p.470-483, 2000.

JACKSON, R.B.; CANADELL, J.; EHLERINGER, J.R.; MOONEY, H.A.; SALA, O.E.; SCHULZE, E.D. A global analysis of root distributions for terrestrial biomes. **Oecologia**, v.108, p. 389-411. 1996.

JORGE, L.A.C. **Recomendações práticas para aquisição de imagens digitais analisadas através do SIARCS**. Circular Técnica N°1, Embrapa Instrumentação Agropecuária. Dezembro, 1996. 44p.

JORGE, L.A.C.; CRESTANA, S. SIARCS 3.0: novo aplicativo para análise de imagens digitais aplicado a ciência do solo. In: Congresso Latino Americano de Ciência do Solo, 13. Águas de Lindóia-SP, 1996. **Anais...** Campinas: SBCS 1996. 5p. CD-ROM.

KANNO, T.; MACEDO, M.C.; EUCLIDES, V.P.B.; BONO, J.A.; SANTOS, J.D.G.; ROCHA, M.T.; BERETTA, L.G.R.. Root biomass of five tropical grasses pastures under continuous grazing in Brazilian savannas. **Grassland Science**, v.54, p.9-14, 1999.

KELLOGG, E.A. Evolutionary history of grasses. **Plant Physiology**, v.125, p. 1198-1205, 2001.

KLEPPER, B. **Root-shoot relationships**. In: Waisel, Y.; Eshel, A.; Kafkafi, U. (Eds.). Plant roots. The hidden half. Marcel Dekker, Inc. New York. P. 265-286, 1991.

LABOSKI, C.A.M.; DOWDY, R.H., ALLMARAS, R.R.; LAMB, J.A. Soil strength and water content influences on corn root distribution in sandy soil. **Plant and Soil**, n.203, p.239-247, 1998.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima Editora, 2000. 531p.

LAVRES Jr. J.; MONTIERO, F.A. Perfilhamento, área foliar e sistema radicular do capim-Mombaça submetido a combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n.5, p. 1068-1075, 2003.

LEMAIRE, G. CHAPMAN, D. **Tissue flows in plant communities**. In: Hodgson, J.; Illius, A.W. (Eds). The Ecology and Management of Grazing Systems. United Kingdom, 1996, p.3-36.

LEMAIRE, G. Research priorities for grassland science: the need of long term integrated experiments networks. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, (suplemento especial), p. 93-100, 2007.

LILLIEFORS, L. On the Kolmogorov-Smirnoff test for normality with mean and variance unknow. **Journal of the American Statistical Association**, v.62, p.399-402, 1976.

MANSFIELD, C.W.; MISLEVY, P.; HAMMOND, L.C. Yield and nutritive value of forages grown under irrigated and non irrigated conditions. **Tropical Grasslands**, v.24, n.1, p.55-60, 1990.

MARASCHIN, G.E. Manejo de plantas forrageiras do gênero *Digitaria*, *Cynodon* e *Chloris*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 9, Piracicaba, 1988. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1988, p. 121-128.

MARCELINO, K.R.A.; VILELA, L.; LEITE, G.G.; GUERRA, A.F.; DIOGO, J.M.S. Manejo da adubação nitrogenada de tensões hídricas sobre a produção de matéria seca e índice de área foliar de Tifton-85 cultivado no cerrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.268-275, 2003.

MARTORANO, L.G.; MATOS, R.M.; SILVA, E.M.R.; ANGELOCCI, L.R.; PEREIRA, F.A.; VILLA NOVA, N.A. Disponibilidade climática para o cultivo da bananeira na região de Seropédica/Itaguaí-RJ. In CONGRESSO BASILEIRO DE AGROMETEROLOGIA, 10. Piracicaba, 1997, Piracicaba: SBA, 1997. **Anais...** p.301-303.

MENGEL, D.B.; BARBER, S.A. Rate of nutrient uptake per unit of corn root under field conditions. **Agronomy Journal**, v.66, p.399-402, 1974.

MESQUITA, E.E.; PINTO, J.C.; FURTINO NETO, A.E.; SANTOS, I.P.A.; TAVARES, V.B. Teores críticos de fósforo em três solos para o estabelecimento de capim-Mombaça, capim-Marandu e capim-andropogon em vasos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 2, p. 290-301, 2004.

MIELNICZUCK, J. Importância do estudo de raízes no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis. In: Workshop sobre sistema radicular: Metodologias e Estudo de Casos. FERNANDES; M.F.; TAVARES; E.D.; LEAL, M.L.S. (Ed.). Embrapa Tabuleiros Costeiros. Aracaju, p.13-17, 1999.

MILLER, M.M.L.; GUIMARÃES, M.F.; DESJARDINS, T.; MARTINS, P.F.S. 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.

MOTULSKY, H.J. **Prism 4 statistics guide – statistical analyses for laboratory and chemical researchers**. GraphPad Software, Inc, San Diego, CA, USA. 2003. 148p.

MURARO, M.R. **Componentes físicos do sistema de raízes de pastagem de inverno formada pelo consórcio Aveia E Azevém no sistema de integração lavoura pecuária**. Curitiba, 2004. (Dissertação de Mestrado), Curitiba: UFPR, 2004, 51p. (Dissertação de Mestrado). Orientador: Adelino Pelissari.

NELSON, C.J. Shoot morphological plasticity of grasses: leaf growth vs. tillering. In: Lemaire, G.; Hodgson, J.; Moraes, A. (Eds.) *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*: CAB International, 2000. p. 101-126.

NETER, J.; WASSERMAN, W.; KUTNER, M.H. **Applied linear statistical models**. 3 ed. Burr Ridge: Richard D. Irwin, 1990. 1181p.

OLIVEIRA, M.S.; PEREIRA, O.G.; GARCIA, R.; OBEID, J.A.; CECON, P.R.; MORAES, S.A.; SILVEIRA, P.R. Rendimento e valor nutritivo do capim-Tifton-85 (*Cynodon* spp.) em diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1949-1960, 2000 (Suplemento 1).

PAGOTTO, D.S. **Comportamento do sistema radicular do capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq.) sob irrigação e mantido a diferentes idades de pastejo**. 2001. 51p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Ciência Animal e Pastagens, Piracicaba, 2001 (Dissertação de Mestrado). Orientador: Moacyr Corsi.

PARSONS, A.J.; JOHONSON, I.R.; HARVEY, A. Use of model to optimize the interaction between frequency and severity of intermittent defoliation and to provide a fundamental comparison of the continuous and intermittent defoliation of grass. **Grass and Forage Science**, v. 43, n. 1, p. 49-59, 1988.

PENDALL, E.; BRIDGHAM, S.; HANSON, P.J.; HUNGATE, P.; KICKLIGHTER, D.W.; JOHNSON, D.W.; LAW, B.E.; LUO, Y.; MEGONIGAL, J.P.; OLSRUD, M.; RYAN, M.G.; WAN, S. Below-ground process responses to elevated CO₂ and temperature: a discussion of observations, measurements methods, and models. **New Phytologist**, v. 162, p. 311-322, 2004.

PRADO, I.N.; MOREIRA, F.B.; CECATO, U.; WADA, F.Y.; OLIVEIRA, E.; REGO, F.C.A. Sistemas para crescimento e terminação de bovinos de corte a pasto: avaliação do desempenho animal e características da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.955-965, 2003.

PRADO, I.N.; MOREIRA, F.B.; ZEOULA, L.M.; WADA, F.Y.; MIZUBUTI, I.Y.; NEVES, C.A. Degradabilidade *in situ* da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro de algumas gramíneas sob pastejo contínuo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1332-1339, 2004.

RAMOS, D.P.; CASTRO, A.F.; CAMARGO, M.N. Levantamento detalhado de solos da área da Universidade Federal do Rio de Janeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Série Agronomia, v.8, p.1-27, 1973.

RICHARDS, J.H. **Physiology of plants recovering from defoliation**. In: BAKER, M.J. (Eds.) *Grassland for our world*. SIR Publishing, Wellington, 1993, p.46-54.

ROBERTS, M.J.; LONG, S.P.; TEISZEN, L.L.; BEABLE, C.L. **Measurement of plant biomass and net primary production of herbaceous vegetation**. In: Hall, Shurlok, Bolhär-Nordenkamp, Leegood, Long (Eds). *Photosynthesis and production in a changing environment: a field and laboratory manual*. Clays Ltda. p.1-21, 1993.

RODRIGUES, A.C.G.; CADIMA-ZEVALLOS, A. Número de raízes como parâmetro de avaliação do desenvolvimento do sistema radicular de *Brachiaria humidicola* em solos de Tabuleiro do sul da Bahia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, n. 7, p. 1091-1095. 1991.

ROSSIELLO, R.O.P. **Bases fisiológicas da acumulação de nitrogênio e potássio em cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*, cv. NA 56-79) em resposta à adubação nitrogenada em Cambissolo**. Piracicaba 1987. (Tese de Doutorado), Piracicaba: ESALQ, 172p. - Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Solos e Nutrição de Plantas, Piracicaba, 1987 (Tese de Doutorado). Orientador: Paulo Leonel Libardi.

ROSSIELLO, R.O.P.; ARAÚJO, A.P.; MANZATTO, C.V.; FERNANDES, M.S. Comparação dos métodos fotoelétrico e da interseção na determinação de área, comprimento e raio médio radicular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n 5, p. 633-638, 1995.

RUSSEL, R.S. **Plant root systems: their function and interaction with the soil**. Berkshire, England. McGRAW-HILL Book Company. 1977. 298p.

RYSER, P. The importance of tissue density for growth and life span of leaves and roots: a comparison of five ecologically contrasting grasses. **Functional Ecology**, v.10, p.717-723, 1996.

RYSER, P.; EEK, L. Consequences of phenotypic plasticity vs. interspecific differences in leaf and root traits for acquisition of aboveground and belowground resources. **American Journal of Botany**, v.87, p. 402-411, 2000.

RYSER, P.; LAMBERS, H. Root and leaf attributes accounting for the performance of fast and slow-growing grasses at different nutrient supply. **Plant and Soil**, n.170, p.251-265, 1995.

SBRISSIA, A.F., SILVA, S.C. O ecossistema de pastagens e a produção animal. In: MATTOS, W.R.S. (Ed.). A PRODUÇÃO ANIMAL NA VISÃO DOS BRASILEIROS. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 731-754.

SCHANK, S.C.; BOYD, F.F.; SMITH, L.; REX, L.; HODGES, E.M.; WEST, S.H.; KRETSCHMER, A.E.; BROLMANN Jr; J.B.; MOORE, J.E. Registration of "Transvala" digitgrass. **Crop Science**, v.30, p.1368-1369, 1990.

SCHUURMAM, J.J.; GOEDEWAAGEN, M.A.J. **Methods for the examination of root systems and roots**, 2 Ed. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, The Netherlands. 1991.

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

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2002, 98p.

SILVA, S.C.; e NASCIMENTO JR, D. Ecofisiologia de Plantas Forrageiras. In: Pereira, O.G., Obeid, J.A., Nascimento Jr., D. Fonseca, D.M., (Eds.). Simpósio sobre Manejo Estratégico da Pastagem, 3, Viçosa, 2006. **Anais...** Viçosa: UFV, 2006, p.1-42, 430p.

SILVA, S.C.; NASCIMENTO Jr, D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, (suplemento especial), p.121-138, 2007

SOUSSANA, F.F.; LÜSCHER, A. Temperate grasslands and global atmospheric change: a review. **Grassland and Forage Science**, v. 62, p. 127-134, 2007.

SOUZA, A. de. **Análise do crescimento dos capins tranvala (*Digitaria decumbens* cv. Transvala), suázi (*Digitaria swazilandensis*), pentziana (*Digitaria pentzii* x *Digitaria milangiana*), Estrela de Porto Rico (*Cynodon nlemfuensis*) e Tifton-85 (*Cynodon* ssp.), sob três níveis de adubação**. Seropédica, 1998. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. (Dissertação de Mestrado). Orientador: Sylvio Romero de Carvalho.

STEEN, E. Variation of root growth in a grass ley studied with a mesh bag technique. **Swedish Journal of Agricultural Research**, v14, p.93-97, 1984.

SULTAN, S. E. Phenotypic plasticity for plant development, function and life history. **Trends in Plant Science**, v. 5, p. 537-542, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. Porto Alegre: **Artmed**, 3.ed., 2004. 719p.

- THORNTON, B. MILLARD, P. Increased defoliation frequency depletes remobilization of nitrogen for leaf growth in grasses. **Annals of Botany**, v. 80, p. 89-95, 1997a.
- THORNTON, B.; MILLARD, P. Effects of severity of defoliation on root functioning in grasses. **Journal of Range Management**, v. 49, p. 443-447, 1996.
- THORNTON, B.; MILLARD, P. Nitrogen uptake by grasses: changes induced by competing neighbour plants differing in frequency of defoliation. **Grass and Forage Science**, v.51, p.242-249, 1997b.
- TRUJILLO, W.; FISHER, M.J.; LAL, R. Root dynamics of native savanna and introduced pastures in the Eastern plains of Colombia. **Soil & Tillage Research**, v. 87, p. 28-38, 2006.
- VALLADARES, F.; GIANOLI, E.; GÓMEZ, J.M. Ecological limits to plant phenotypic plasticity. **New Phytologist**, v. 176, p. 749-763, 2007.
- van des KRIFT, T.A.J.; BERENDSE, F. Root life spans of four grass species from habitats differing in nutrient availability. **Functional Ecology**, v. 16, p. 198-203, 2002.
- Van NOORDWIJK, M.; BROUWER, G.; MEIJBOOM, F.; OLIVEIRA, M.R.G.; BENGOUGH, A.G. **Trench profile techniques and core break methods**. In: SMIT, A.L.; BENGOUGH, A.G.; ENGELS, C.; Van NOORDWIJK, M.; PELLERIN, S.; Van de GEIJN, S.C. (Eds) *Root methods: a handbook*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, p. 211-234, 2000.
- Van NOORDWIJK, M.; Van de GEIJN, S. C. Root shoot and soil parameters required for process orientated models of crop growth limited by water or nutrients. **Plant and Soil**, n.185, p.1-25, 1996.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p.3583-3597, 1991.
- Van VUUREN, M.M.I.; ROBINSON, D.; GRIFFITHS, B.S. Nutrient inflow and root proliferation during the exploitation of a temporally and spatially discrete source of nitrogen in soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, n.178, p.185-192, 1996.
- VASCONCELOS, A.C.M.; CASAGRANDE, A.A.; PERECIN, D.; JORGE, I.A.C.; LANDELL, M.G.A. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.849-858, 2003.
- VENDRAMINI, J.M.B; SILVEIRA, M.L.A.; DUBEUX Jr, J.C.B.; SOLLENBERGER, L.E. Environmental impacts and nutrient recycling on pastures grazed by cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, (suplemento especial), p. 139-149, 2007.
- VILELLA, D.; ALVIM, M.J. Manejo de pastagens do gênero *Cynodon*: Introdução, caracterização e evolução de uso no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 15, Piracicaba, 1988. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998, p. 23-54.
- VILELLA, D.; ALVIM, M.J. Produção de leite em pastagens de *Cynodon dactylon*, (L.) Per, cv. "Coastcross". In: WORKSHOP SOBRE O POTENCIAL DO GÊNERO *CYNODON*, 1, Juiz de Fora, 1996. **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL, 1996, p. 77-91.

VOGT, K.A.; BLOONFIELD, J. **Tree root turnover and senescence**. In: Waisel, Y.; Eshel, A.; Kafkafi, U. (Eds.). *Plant roots. The hidden half*. Marcel Dekker, Inc. New York, p.287-306, 1991.

VOGT, K.A.; VOGT, D.J.; BLOOMFIELD, J. Analysis of some direct and indirect methods for estimating root biomass and production of forest at in ecosystem level. **Plant and Soil**, n. 200, p.71-89, 1998.

VOLONEC, J.J.; OURRY, A.; JOERN, B.C. A role for nitrogen reserves in forage regrowth and stress tolerance. **Physiologia Plantarum**, v. 97, p.185-193, 1996.

YANAI, R.D. A steady-state model of nutrient uptake accounting for newly grown roots. **Soil Science of Society American Journal**, v.58, p.1562–1571, 1994.

ZAK, J.C.; WILLIG, M.R.; MOORHEAD, D.L.; WILDMAN, H.G. Functional diversity of microbial communities: a quantitative approach. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 26, n. 9, p. 1101-1108, 1994.

ZIMMER, A.H.; CORREA, E.S. Importância das pastagens para o futuro da pecuária de corte no Brasil. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGEM, 1, Lavras, 2000. **Anais...** Lavras: UFLA, 2000, p. 1-49.

7. ANEXOS

Anexo A. Características físicas e químicas do horizonte Bt do solo cultivado com quatro gramíneas forrageiras, em duas épocas de amostragem.

Tabela 24. Características físicas e químicas do horizonte Bt do solo cultivado com quatro gramíneas forrageiras, em duas épocas de amostragem.

Capim / profundidade (m)	Data	densidade global (g cm ⁻³)	Macropo- rosidade	Ca ²⁺	Mg ²⁺	MO	N	C:N
				(Cmolc kg ⁻¹)		(g kg ⁻¹)		
14/01/03								
EPR (0,36 – 0,61)		1,53	9	0,21	0,12	9,3	0,6	9,0
T85 (0,32 – 0,58)		1,51	10	0,18	0,14	8,4	0,5	9,8
SU (0,30 – 0,62)		1,46	14	0,31	0,16	10,5	0,7	8,7
TV (0,30 – 0,64)		1,44	17	0,36	0,18	10,2	0,6	9,8

Anexo B. Tabelas de ANOVA dos parâmetros matéria fresca e matéria seca, da parte aérea e do sistema radicular e, da concentração e acúmulo de nutrientes da parte aérea e das raízes.

Tabela 25. ANOVA da matéria fresca da parte aérea de quatro gramíneas forrageiras.

FV (MFPA)	GL	SQ (10 ⁵)	QM (10 ⁵)	F	P	Varição (%)
Capim	3	1195	398	9,6	0,0016	2,41
Período	7	44500	6357	221,6	P<0,0001	89,89
Interação	21	902	43	1,6	0,1007	1,82
Redução (ERT)	12	498	41	1,4	0,1618	1,01
Resíduo	84	2410	29			

ERT = efeito da repetição no tempo.

Tabela 26. ANOVA da matéria seca da parte aérea de quatro gramíneas forrageiras.

FV (MSPA)	GL	SQ (10 ⁴)	QM (10 ⁴)	F	P	Varição (%)
Capim	3	1112	371	21,93	0,0011	6,11
Período	7	15400	22014	189,90	P<0,0001	84,67
Interação	21	500	24	2,06	P<0,0001	2,75
Redução (ERT)	12	203	17	1,46	0,1568	1,11
Resíduo	84	974	12			

ERT = efeito da repetição no tempo.

Tabela 27. ANOVA da matéria seca radicular de quatro gramíneas forrageiras.

FV (MSPA)	GL	SQ	QM	F	P	Varição (%)
Capim	3	175900	58620	5,94	0,0590	28,27
Período	7	277100	39580	13,81	P<0,0001	44,55
Interação	21	49320	2349	0,82	0,6772	7,93
Redução (ERT)	4	39480	9869	3,44	0,0207	6,35
Resíduo	28	80230	2865			

ERT = efeito da repetição no tempo.

Tabela 28. ANOVA da matéria seca total de quatro gramíneas forrageiras.

FV (MSPA)	GL	SQ	QM	F	P	Varição (%)
Capim	3	348800	116300	10,96	0,0213	14,17
Período	7	1914000	273500	91,84	P<0,0001	77,74
Interação	21	73620	3505	1,18	0,3386	2,99
Redução (ERT)	4	42450	10610	3,56	0,0180	1,72
Resíduo	28	83380	2978			

ERT = efeito da repetição no tempo.

Tabela 29. ANOVA do comprimento radicular de quatro gramíneas forrageiras.

FV (MSPA)	GL	SQ	QM	F	P	Varição (%)
Capim	3	115200	38410	1,55	0,3325	23,34
Período	7	233400	33350	132,80	P<0,0001	47,29
Interação	21	38800	1847	7,35	0,0002	7,86
Redução (ERT)	4	99130	24780	98,66	P<0,0001	20,08
Resíduo	28	7034	251			

ERT = efeito da repetição no tempo.

Tabela 30. ANOVA do comprimento radicular específico de quatro gramíneas forrageiras.

FV (MSPA)	GL	SQ	QM	F	P	Varição (%)
Capim	3	12560	4187	2,37	0,2111	29,42
Período	7	16930	2418	94,85	P<0,0001	39,65
Interação	21	5434	258,8	10,15	P<0,0001	12,73
Redução (ERT)	4	7055	1764	69,19	P<0,0001	16,53
Resíduo	28	714	25			

ERT = efeito da repetição no tempo.

Tabela 31. ANOVA da área superficial planar de quatro gramíneas forrageiras.

FV (MSPA)	GL	SQ	QM	F	P	Varição (%)
Capim	3	0,006649	0,002216	2,8	0,1722	49,82
Período	7	0,002360	0,000337	61,0	P<0,0001	17,68
Interação	21	0,001025	0,000049	8,8	P<0,0001	7,68
Redução (ERT)	4	0,003159	0,000790	142,9	P<0,0001	23,67
Resíduo	28	0,000155	0,000006			

ERT = efeito da repetição no tempo.

Tabela 32. ANOVA da concentração de nutrientes: nitrogênio, cálcio, magnésio e fósforo na matéria seca da parte aérea de quatro gramíneas forrageiras.

FV (nitrogênio)	GL	SQ	QM	F	P	Variação (%)
Capim	3	154,5	51,52	112,7	<0,0001	9,97
Período	7	1254,0	179,10	416,0	<0,0001	80,85
Interação	21	100,8	4,80	11,2	<0,0001	6,50
Redução (ERT)	12	5,5	0,46	1,1	0,4027	0,35
Resíduo	84	36,2	0,43			

FV (fósforo)	GL	SQ	QM	F	P	Variação (%)
Capim	3	2,41	0,80	11,74	0,0007	12,93
Período	7	7,47	1,07	12,98	<0,0001	39,99
Interação	21	1,06	0,05	0,67	0,8955	5,70
Redução (ERT)	12	0,82	0,07	0,83	0,6157	4,40
Resíduo	84	6,90	0,08			

FV (cálcio)	GL	SQ	QM	F	P	Variação (%)
Capim	3	3,6	1,21	8,04	0,0033	8,46
Período	7	22,1	3,15	24,73	<0,0001	51,42
Interação	21	4,7	0,22	1,76	0,0376	10,95
Redução (ERT)	12	1,8	0,15	1,18	0,3105	4,21
Resíduo	84	10,7	0,13			

FV (magnésio)	GL	SQ	QM	F	P	Variação (%)
Capim	3	1,59	0,53	2,70	0,0925	6,51
Período	7	7,90	1,12	9,31	<0,0001	32,40
Interação	21	2,36	0,11	0,93	0,5590	9,68
Redução (ERT)	12	2,35	0,20	1,62	0,1029	9,64
Resíduo	84	10,19	0,12			

ERT = efeito da repetição no tempo.

Tabela 33. ANOVA do acúmulo de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio na matéria seca da parte aérea de quatro gramíneas forrageiras.

FV (nitrogênio)	GL	SQ	QM	F	P	Variação (%)
Capim	3	2731	910	13,6	0,0004	2,42
Período	7	102000	14580	274,4	P<0,0001	90,32
Interação	21	2938	140	2,6	0,0009	2,60
Redução (ERT)	12	800,7	67	1,3	0,2605	0,71
Resíduo	84	4463	53			

FV (fósforo)	GL	SQ	QM	F	P	Variação (%)
Capim	3	278,1	92,7	2,36	0,1234	0,45
Período	7	57590,0	8227,0	227,50	P<0,0001	93,08
Interação	21	496,6	23,7	0,65	0,8648	0,80
Redução (ERT)	12	472,4	39,4	1,09	0,3802	0,76
Resíduo	84	3038,0	36,2			

FV (cálcio)	GL	SQ	QM	F	P	Variação (%)
Capim	3	1615	538,4	4,21	0,0300	1,05
Período	7	140800	20120,0	200,80	P<0,0001	91,12
Interação	21	2158	102,8	1,03	0,4434	1,40
Redução (ERT)	12	1537	128,0	1,28	0,2468	0,99
Resíduo	84	8415	100,2			

FV (magnésio)	GL	SQ	QM	F	P	Variação (%)
Capim	3	495,7	165,2	3,18	0,0634	0,77
Período	7	58630,0	8376,0	185,70	P<0,0001	91,39
Interação	21	614,2	29,3	0,65	0,8696	0,96
Redução (ERT)	12	624,2	52,0	1,15	0,3301	0,97
Resíduo	84	3789,0	45,1			

ERT = efeito da repetição no tempo.

Tabela 34. ANOVA da concentração de nutrientes: nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio na matéria seca radicular de quatro gramíneas forrageiras.

FV (nitrogênio)	GL	SQ	QM	F	P	Variação (%)
Capim	3	21,89	7,298	12,60	0,0166	27,47
Período	7	34,17	4,882	21,74	P<0,0001	42,88
Interação	21	15,03	0,716	3,19	0,0023	18,86
Redução (ERT)	4	2,316	0,579	2,58	0,0591	2,91
Resíduo	28	6,287	0,225			

FV (fósforo)	GL	SQ	QM	F	P	Variação (%)
Capim	3	1,096	0,3654	13,71	0,0143	15,61
Período	7	4,903	0,7004	49,10	P<0,0001	69,80
Interação	21	0,519	0,0247	1,73	0,0869	7,39
Redução (ERT)	4	0,107	0,0267	1,87	0,1438	1,52
Resíduo	28	0,399	0,0143			

FV (cálcio)	GL	SQ	QM	F	P	Variação (%)
Capim	3	3,178	1,059	61,24	0,0008	49,27
Período	7	1,700	0,243	6,68	0,0001	26,35
Interação	21	0,485	0,023	0,64	0,8568	7,52
Redução (ERT)	4	0,069	0,017	0,48	0,7532	1,08
Resíduo	28	1,018	0,036			

FV (magnésio)	GL	SQ	QM	F	P	Variação (%)
Capim	3	0,08761	0,02920	5,769	0,0618	34,46
Período	7	0,03597	0,00514	1,982	0,0937	14,15
Interação	21	0,03784	0,00180	0,695	0,8032	14,88
Redução (ERT)	4	0,02025	0,00506	1,952	0,1294	7,96
Resíduo	28	0,07260	0,00259			

ERT = efeito da repetição no tempo.

Tabela 35. ANOVA do acúmulo de nutrientes: nitrogênio, cálcio, magnésio e fósforo na matéria seca radicular de quatro gramíneas forrageiras.

FV (nitrogênio)	GL	SQ	QM	F	P	Variação (%)
Capim	3	1173	391,1	3,16	0,1476	14,57
Período	7	4872	696,0	19,33	P<0,0001	60,52
Interação	21	502	23,9	0,66	0,8320	6,23
Redução (ERT)	4	495	123,7	3,44	0,0210	6,15
Resíduo	28	1008	36,0			

FV (fósforo)	GL	SQ	QM	F	P	Variação (%)
Capim	3	84,85	28,28	3,67	0,1208	13,23
Período	7	403,80	57,69	21,46	P<0,0001	62,97
Interação	21	46,49	2,21	0,82	0,6732	7,25
Redução (ERT)	4	30,85	7,71	2,87	0,0413	4,81
Resíduo	28	75,27	2,69			

FV (cálcio)	GL	SQ	QM	F	P	Variação (%)
Capim	3	16,16	4,04	3,43	0,1324	11,35
Período	7	228,80	32,69	17,53	P<0,0001	62,50
Interação	21	41,55	13,85	0,70	0,7990	7,48
Redução (ERT)	4	27,39	1,30	2,17	0,0989	4,41
Resíduo	28	52,22	1,87			

FV (magnésio)	GL	SQ	QM	F	P	Variação (%)
Capim	3	12,38	0,59	0,70	0,8011	8,03
Período	7	91,62	13,09	15,47	P<0,0001	59,41
Interação	21	13,60	4,54	1,41	0,3641	8,82
Redução (ERT)	4	12,91	3,23	3,82	0,0134	8,37
Resíduo	28	23,69	0,85			

ERT = efeito da repetição no tempo.

Tabela 36. ANOVA da relação da concentração de nitrogênio, cálcio, magnésio e fósforo, contido na matéria seca radicular: massa seca da parte aérea de quatro gramíneas forrageiras.

FV (nitrogênio)	GL	SQ	QM	F	P	Variação (%)
Capim	3	0,0138	0,00459	4,37	0,0136	4,05
Período	7	0,2105	0,03008	16,22	0,0004	62,00
Interação	21	0,0753	0,00358	3,41	0,0023	22,16
Redução (ERT)	4	0,0148	0,00186	1,77	0,1339	4,37
Resíduo	28	0,0252	0,00105			

FV (fósforo)	GL	SQ	QM	F	P	Variação (%)
Capim	3	0,0209	0,006968	3,792	0,1153	6,57
Período	7	0,0566	0,008083	1,839	0,1189	17,80
Interação	21	0,1101	0,005241	1,192	0,3273	34,61
Redução (ERT)	4	0,0074	0,001838	0,418	0,7942	2,31
Resíduo	28	0,1231	0,004396			

FV (cálcio)	GL	SQ	QM	F	P	Variação (%)
Capim	3	0,07210	0,02403	21,18	0,0064	33,93
Período	7	0,05272	0,00753	4,575	0,0016	24,81
Interação	21	0,03704	0,00176	1,071	0,4259	17,43
Redução (ERT)	4	0,00454	0,00114	0,689	0,6055	2,16
Resíduo	28	0,04610	0,00165			

FV (magnésio)	GL	SQ	QM	F	P	Variação (%)
Capim	3	0,08660	0,02887	5,166	0,0733	34,49
Período	7	0,02528	0,00361	1,347	0,2661	10,07
Interação	21	0,04181	0,00199	0,742	0,7569	16,65
Redução (ERT)	4	0,02235	0,00559	2,084	0,1097	8,90
Resíduo	28	0,07508	0,00268			

ERT = efeito da repetição no tempo.

Tabela 37. ANOVA da relação do acúmulo de nitrogênio, cálcio, magnésio e fósforo, contido na matéria seca radicular: massa seca da parte aérea de quatro gramíneas forrageiras.

FV (nitrogênio)	GL	SQ	QM	F	P	Variação (%)
Capim	3	0,4657	0,1552	16,96	P<0,0001	12,16
Período	7	2,7330	0,3904	48,54	P<0,0001	71,38
Interação	21	0,3460	0,0165	1,80	0,0831	9,04
Redução (ERT)	4	0,0643	0,0080	0,88	0,5480	1,68
Resíduo	28	0,2197	0,0092			

FV (fósforo)	GL	SQ	QM	F	P	Variação (%)
Capim	3	7,689	2,5630	3,12	0,1502	10,50
Período	7	38,840	5,5490	8,74	P<0,0001	53,02
Interação	21	5,666	0,2698	0,43	0,9765	7,73
Redução (ERT)	4	3,286	0,8215	1,29	0,2963	4,49
Resíduo	28	17,780	0,6348			

FV (cálcio)	GL	SQ	QM	F	P	Variação (%)
Capim	3	2,53	0,842	2,58	0,1907	7,87
Período	7	20,52	2,931	15,29	P<0,0001	63,96
Interação	21	2,37	0,113	0,59	0,8935	7,38
Redução (ERT)	4	1,30	0,326	1,70	0,1780	4,06
Resíduo	28	5,37	0,192			

FV (magnésio)	GL	SQ	QM	F	P	Variação (%)
Capim	21	1,58	0,075	0,36	0,9900	6,19
Período	7	15,39	2,198	10,62	P<0,0001	60,09
Interação	3	1,84	0,613	2,45	0,2036	7,18
Redução (ERT)	4	1,00	0,250	1,21	0,3291	3,91
Resíduo	28	5,80	0,207			

ERT = efeito da repetição no tempo.

Anexo C. Dados meteorológicos semanais referentes ao período de 12/02/02 a 14/01/03.

Tabela 38. Umidade relativa, temperatura e precipitação pluviométrica coletadas pela Estação Ecologia Agrícola, no período de 12/02/02 a 14/01/03.

Época	Precipitação pluviométrica (mm semana ⁻¹)						Média (mm dia ⁻¹)
	1	2	3	4	5	6	
1 (12/02 a 26/03)	10,9	38,8	29,2	2,6	10,0	42,3	3,2
2 (27/03 a 07/05)*	36,6	3,6	0,0	0,0	19,8	35,1	2,3
3 (08/05 a 18/06)*	16,6	0,9	41,8	0,0	0,0	0,0	1,4
4 (19/06 a 30/07)*	21,9	0,9	0,0	36,9	0,0	2,2	1,5
5 (31/07 a 10/09)*	11,8	0,6	0,0	0,0	20,3	18,0	1,2
6 (11/09 a 22/10)*	13,5	1,2	21,1	5,9	0,0	0,0	1,0
7 (23/10 a 03/12)	8,3	5,7	45,8	31,3	11,4	2,4	2,5
8 (04/12 a 14/01)	42,8	144,4	2,6	48,8	4,0	44,7	6,8

Período	Duração da chuva (h:min) / n° dia chuva semana ⁻¹						% dia chuvoso
	1	2	3	4	5	6	
1	4:50/2	15:00/7	2:40/1	1:00/2	3:00/1	12:10/4	40
2*	8:00/3	1:04/2	0:00/0	0:00/0	4:10/1	12:10/2	19
3*	7:10/2	0:25/1	14:00/2	0:00/0	0:00/0	0:00/0	14
4*	8:20/2	0:41/2	0:00/0	10:10/2	0:00/0	2:00/1	17
5*	6:20/2	0:25/1	0:00/0	0:00/0	11:10/4	9:10/2	21
6*	9:00/3	0:50/3	8:30/2	3:00/1	0:00/0	0:00/0	21
7	0:40/3	2:03/3	17:00/4	19:00/5	3:50/1	2:40/1	40
8	6:30/1	4:38/5	2:25/2	9:00/2	1:40/1	12:20/3	33

Período	Temperatura máxima/mínima (°C)						Média
	Semana						
	1	2	3	4	5	6	
1	31,3/21,6	29,1/21,6	32,2/21,6	34,7/22,6	34,9/23,1	32,2/21,7	32,4/22,0
2*	32,8/21,9	30,2/19,6	30,0/19,3	31,4/19,7	30,8/19,9	28,3/19,7	30,6/20,0
3*	28,8/19,3	30,1/19,5	24,1/15,5	27,4/15,8	30,5/17,6	29,0/17,4	28,3/17,5
4*	26,7/15,8	26,5/17,1	26,1/16,4	21,5/16,1	24,1/14,4	26,8/17,5	25,3/16,2
5*	27,0/17,4	28,0/18,3	29,2/17,2	30,8/17,7	27,5/17,2	26,2/15,3	28,1/17,2
6*	26,5/17,9	26,2/17,2	26,8/16,1	30,4/19,0	34,6/19,3	35,2/19,9	30,0/18,3
7	30,6/19,5	30,6/20,4	27,7/18,0	30,1/20,6	33,0/22,5	36,3/23,9	31,4/20,8
8	30,8/22,8	28,9/21,7	32,1/22,1	30,7/20,8	24,6/12,4	31,8/22,1	29,8/20,3

Período	Temperatura média (°C)						Média
	Semana						
	1	2	3	4	5	6	
1	25,4	24,2	26,1	27,6	27,3	25,9	26,1
2*	26,4	24,2	24,0	24,6	24,1	23,3	24,5
3*	23,3	24,0	19,1	20,8	22,8	22,1	22,0
4*	20,4	20,0	20,4	19,2	19,0	21,0	20,0
5*	20,8	22,0	22,8	23,3	21,5	20,3	21,8
6*	21,6	21,3	21,3	23,7	25,2	27,0	23,3
7	24,2	24,6	22,3	24,6	27,1	29,0	25,3
8	26,2	24,8	26,3	25,1	27,4	25,9	26,6

Período	Umidade relativa (%)						Média
	Semana						
	1	2	3	4	5	6	
1 (12/02 a 26/03)	74,5	81,9	72,6	64,0	66,9	70,8	71,8
2 (27/03 a 07/05)*	68,1	74,0	71,4	73,9	69,2	80,9	72,9
3 (08/05 a 18/06)*	78,6	69,2	80,3	73,5	62,5	74,5	73,1
4 (19/06 a 30/07)*	73,5	75,8	69,8	81,3	74,5	70,6	74,2
5 (31/07 a 10/09)*	76,5	70,7	60,9	56,9	64,6	68,0	66,3
6 (11/09 a 22/10)*	68,4	71,8	66,0	66,4	64,0	59,0	65,9
7 (23/10 a 03/12)	74,1	78,0	74,3	79,6	76,6	54,2	72,8
8 (04/12 a 14/01)	78,1	84,8	70,2	71,6	74,5	71,0	75,0

Fonte: Estação Ecologia Agrícola (EEA) – Pesagro-Rio – BR465, km 7 – Seropédica – RJ. * período seco.

Anexo D. Dados meteorológicos referentes à primeira avaliação, de 12/02/02 a 25/03/02.

Data	Temperaturas em °C			Umidade Relativa (%)	Chuva recolhida em (mm)	
	Extremas		Média		Total	Duração
	Máxima	Mínima				
12/02/2002	33,5	23,5	27,1	66,0	0,0	0:00
13/02/2002	33,7	20,9	26,7	62,0	0,0	0:00
14/02/2002	33,5	22,2	25,8	74,7	0,0	0:00
15/02/2002	31,9	21,3	25,9	74,0	8,1	3:00
16/02/2002	30,8	21,8	25,0	79,0	0,0	0:00
17/02/2002	27,3	21,5	23,5	87,3	2,8	1:50
18/02/2002	28,5	20,1	23,7	78,3	0,0	0:00
19/02/2002	28,5	19,2	23,7	73,0	0,0	0:00
20/02/2002	27,3	21,0	23,7	87,0	0,0	0:00
21/02/2002	30,2	22,2	25,1	83,0	24,8	5:50
22/02/2002	31,5	22,7	25,1	75,7	3,2	2:10
23/02/2002	28,8	23,0	24,5	92,0	1,0	1:40
24/02/2002	29,1	22,5	24,5	84,0	3,3	2:50
25/02/2002	28,6	20,5	23,5	78,3	6,5	2:30
26/02/2002	30,6	21,5	25,3	73,7	0,0	0:00
27/02/2002	30,8	22,2	25,3	78,0	0,0	0:00
28/02/2002	32,6	21,5	25,7	73,7	0,0	0:00
01/03/2002	33,9	21,5	27,1	68,7	0,0	0:00
02/03/2002	32,5	22,5	26,7	72,7	0,0	0:00
03/03/2002	32,5	21,3	26,4	75,3	0,0	0:00
04/03/2002	32,5	20,5	26,0	66,0	29,2	2:40
05/03/2002	34,5	21,5	26,4	63,7	2,0	0:30
06/03/2002	34,6	21,5	27,2	66,3	0,6	0:30
07/03/2002	35,5	22,8	27,6	64,3	0,0	0:00
08/03/2002	35,4	23,2	28,4	69,0	0,0	0:00
09/03/2002	34,6	23,0	28,1	68,7	0,0	0:00
10/03/2002	34,8	23,0	27,9	57,3	0,0	0:00
11/03/2002	33,8	23,0	27,7	58,7	0,0	0:00
12/03/2002	35,3	24,2	28,4	55,7	0,0	0:00
13/03/2002	35,0	23,3	28,0	66,0	0,0	0:00
14/03/2002	35,9	23,0	26,9	69,3	0,0	0:00
15/03/2002	31,7	22,4	25,3	81,0	10,0	3:00
16/03/2002	34,1	22,0	26,2	67,3	0,0	0:00
17/03/2002	35,9	22,1	27,2	66,0	0,0	0:00
18/03/2002	36,2	24,4	28,9	63,0	0,0	0:00
19/03/2002	36,1	24,7	28,8	61,7	0,0	0:00
20/03/2002	38,1	24,9	29,7	55,0	0,0	0:00
21/03/2002	28,2	22,7	25,1	86,0	6,5	2:30
22/03/2002	27,5	20,3	23,2	80,7	5,5	3:20
23/03/2002	31,3	18,1	24,4	60,7	0,7	0:30
24/03/2002	33,8	19,7	25,6	68,7	0,0	0:00
25/03/2002	33,9	21,5	27,1	83,0	0,0	0:00
Média	27,8	18,9	22,3	71,8	3,2	0:55
Total	-----	-----	-----	-----	133,8	38:40

Fonte: Estação Ecologia Agrícola/Pesagro-Rio/EES. Coordenadas: Latitude: 22°45' S - Longitude: 43°41' W - Altitude: 33m.

Anexo E. Dados climatológicos referentes à segunda avaliação, de 26/03/02 a 06/05/02.

Data	Temperaturas em °C			Umidade Relativa (%)	Chuva recolhida em (mm)	
	Extremas		Média		Total	Duração
	Máxima	Mínima				
26/03/2002	30,7	21,4	24,7	80,3	29,6	5:50
27/03/2002	29,8	21,0	25,0	76,0	32,1	6:30
28/03/2002	30,4	21,7	25,0	69,0	0,0	0:00
29/03/2002	30,9	21,3	26,3	62,0	4,5	1:30
30/03/2002	33,1	22,7	26,7	59,3	0,0	0:00
31/03/2002	34,2	22,4	26,0	73,3	0,0	0:00
01/04/2002	35,9	22,0	28,3	57,0	0,0	0:00
02/04/2002	33,6	21,5	27,2	58,0	0,0	0:00
03/04/2002	30,7	22,0	25,0	81,3	0,0	0:00
04/04/2002	29,5	19,2	23,0	78,0	0,0	0:00
05/04/2002	29,2	18,8	23,9	74,0	6,9	2:40
06/04/2002	29,5	19,2	24,2	71,0	0,0	0:00
07/04/2002	29,8	18,3	22,5	81,0	0,0	0:00
08/04/2002	29,3	18,1	23,7	74,7	18,6	4:50
09/04/2002	28,5	18,8	23,2	73,7	0,0	0:00
10/04/2002	29,5	18,7	23,1	69,0	0,0	0:00
11/04/2002	31,9	18,5	24,1	65,3	0,0	0:00
12/04/2002	33,5	20,0	25,4	62,0	0,0	0:00
13/04/2002	29,6	18,8	24,1	76,0	0,0	0:00
14/04/2002	27,8	21,3	24,1	82,0	0,0	0:00
15/04/2002	29,5	19,2	24,1	71,7	0,0	0:00
16/04/2002	30,8	18,5	23,6	70,0	0,0	0:00
17/04/2002	32,8	18,3	24,2	64,3	0,0	0:00
18/04/2002	33,9	20,4	26,0	69,3	0,0	0:00
19/04/2002	30,9	21,2	24,2	83,7	0,0	0:00
20/04/2002	32,7	18,9	25,1	69,0	0,0	0:00
21/04/2002	29,5	19,9	24,6	79,3	0,0	0:00
22/04/2002	29,3	20,4	24,7	82,0	0,0	0:00
23/04/2002	30,9	21,0	24,2	72,7	0,0	0:00
24/04/2002	31,6	19,0	24,3	59,0	0,0	0:00
25/04/2002	34,1	21,2	25,2	58,0	0,0	0:00
26/04/2002	33,6	19,8	24,9	58,0	0,0	0:00
27/04/2002	29,7	18,7	24,3	74,7	0,0	0:00
28/04/2002	24,3	20,2	22,1	90,0	19,8	4:10
29/04/2002	31,1	19,1	23,8	72,3	0,0	0:00
30/04/2002	34,0	20,7	26,2	59,0	0,0	0:00
01/05/2002	25,2	20,5	22,5	91,0	0,0	0:00
02/05/2002	25,2	20,5	22,1	94,0	8,2	4:30
03/05/2002	29,3	19,0	22,7	74,3	26,9	7:40
04/05/2002	27,8	18,5	22,9	83,0	0,0	0:00
05/05/2002	27,8	18,8	23,0	79,3	0,0	0:00
06/05/2002	29,0	20,0	24,0	86,0	0,0	0:00
Média	26,2	17,2	21,0	72,9	2,3	0:36
Total	-----	-----	-----	-----	95,1	25:24

Fonte: Estação Ecologia Agrícola/Pesagro-Rio/EES. Coordenadas: Latitude: 22°45' S - Longitude: 43°41' W - Altitude: 33m.

Anexo F. Dados climatológicos referentes à terceira avaliação, de 07/05/02 a 17/06/02.

Data	Temperaturas em °C			Umidade Relativa (%)	Chuva recolhida em (mm)	
	Extremas		Média		Total	Duração
	Máxima	Mínima				
07/05/2002	27,5	20,0	23,5	75,0	8,7	3:30
08/05/2002	29,8	20,5	24,7	79,3	0,0	0:00
09/05/2002	27,5	19,2	21,9	87,3	0,0	0:00
10/05/2002	27,4	18,3	22,5	83,7	7,9	3:40
11/05/2002	29,0	19,1	23,1	76,7	0,0	0:00
12/05/2002	28,6	19,2	23,1	79,3	0,0	0:00
13/05/2002	31,9	18,5	24,1	69,0	0,0	0:00
14/05/2002	29,8	18,5	23,6	64,7	0,0	0:00
15/05/2002	31,6	19,8	25,5	59,7	0,0	0:00
16/05/2002	33,0	21,3	26,2	57,3	0,0	0:00
17/05/2002	27,0	20,3	22,5	85,7	0,0	0:00
18/05/2002	29,5	17,5	22,2	74,7	0,0	0:00
19/05/2002	29,5	19,5	23,9	72,0	0,0	0:00
20/05/2002	30,5	19,6	23,8	70,0	6,4	3:00
21/05/2002	28,6	20,0	23,2	74,3	0,0	0:00
22/05/2002	22,5	17,6	19,1	94,7	13,5	4:40
23/05/2002	23,5	16,0	18,1	87,7	20,0	6:30
24/05/2002	22,8	14,5	18,1	81,3	8,3	2:50
25/05/2002	21,8	14,0	17,5	85,0	0,0	0:00
26/05/2002	23,5	13,9	17,9	72,0	0,0	0:00
27/05/2002	25,8	12,5	19,7	67,0	0,0	0:00
28/05/2002	26,5	14,5	19,5	78,3	0,0	0:00
29/05/2002	27,7	14,5	20,6	69,7	0,0	0:00
30/05/2002	27,5	14,8	20,5	70,3	0,0	0:00
31/05/2002	28,5	16,1	21,2	69,0	0,0	0:00
01/06/2002	26,0	17,1	20,7	82,3	0,0	0:00
02/06/2002	26,1	17,8	21,3	80,0	0,0	0:00
03/06/2002	29,7	16,0	22,1	65,0	0,0	0:00
04/06/2002	29,3	17,5	21,8	71,0	0,0	0:00
05/06/2002	29,9	16,8	22,9	58,0	0,0	0:00
06/06/2002	30,5	18,8	22,3	62,3	0,0	0:00
07/06/2002	30,0	16,5	22,1	62,7	0,0	0:00
08/06/2002	31,5	18,1	23,2	57,7	0,0	0:00
09/06/2002	31,1	16,5	23,3	64,7	0,0	0:00
10/06/2002	31,5	19,1	24,0	61,0	0,0	0:00
11/06/2002	28,4	18,0	21,9	77,7	0,0	0:00
12/06/2002	32,5	18,8	23,8	64,7	0,0	0:00
13/06/2002	28,5	16,4	21,2	78,7	0,0	0:00
14/06/2002	28,9	15,7	22,1	75,0	0,0	0:00
15/06/2002	27,7	17,2	22,0	82,7	0,0	0:00
16/06/2002	28,3	17,7	22,1	76,0	0,0	0:00
17/06/2002	28,5	17,9	21,9	67,0	0,0	0:00
Média	24,3	15,0	18,9	73,1	1,5	0:30
Total	-----	-----	-----	-----	59,3	21:31

Fonte: Estação Ecologia Agrícola/Pesagro-Rio/EES. Coordenadas: Latitude: 22°45' S - Longitude: 43°41' W - Altitude: 33m.

Anexo G. Dados climatológicos referentes à quarta avaliação, de 18/06/02 a 29/07/02.

Data	Temperaturas em °C			Umidade Relativa (%)	Chuva recolhida em (mm)	
	Extremas		Média		Total	Duração
	Máxima	Mínima				
18/06/2002	30,5	16,3	22,2	59,3	0,0	0:00
19/06/2002	29,9	16,5	22,2	69,3	0,0	0:00
20/06/2002	27,7	16,5	20,7	73,0	0,0	0:00
21/06/2002	28,9	15,5	20,6	59,0	0,0	0:00
22/06/2002	24,8	14,9	19,3	80,3	0,0	0:00
23/06/2002	19,7	16,5	17,7	97,0	13,4	4:50
24/06/2002	25,6	14,3	20,1	76,3	8,5	3:30
25/06/2002	21,3	17,5	15,2	91,7	3,0	2:40
26/06/2002	20,7	17,5	18,5	90,0	3,0	2:10
27/06/2002	25,5	17,0	20,2	83,3	0,0	0:00
28/06/2002	28,9	15,5	20,9	68,7	0,0	0:00
29/06/2002	28,8	16,9	21,5	66,3	0,0	0:00
30/06/2002	29,5	17,5	21,7	63,7	0,0	0:00
01/07/2002	30,8	17,5	22,3	66,7	0,0	0:00
02/07/2002	24,2	17,3	20,5	81,0	0,0	0:00
03/07/2002	26,5	16,8	19,9	77,0	0,0	0:00
04/07/2002	24,3	15,2	19,5	82,0	0,0	0:00
05/07/2002	26,2	16,8	20,5	75,7	0,0	0:00
06/07/2002	28,4	15,5	20,0	61,0	0,0	0:00
07/07/2002	29,7	16,0	22,6	55,0	0,0	0:00
08/07/2002	23,5	17,0	19,8	57,0	0,0	0:00
09/07/2002	22,5	13,1	18,5	84,0	0,0	0:00
10/07/2002	23,8	17,5	20,6	72,3	0,0	0:00
11/07/2002	21,1	18,0	22,3	89,7	0,0	0:00
12/07/2002	22,5	15,9	18,9	89,7	20,3	5:40
13/07/2002	19,5	16,8	17,7	89,3	16,6	4:30
14/07/2002	20,5	15,2	17,6	70,7	0,0	0:00
15/07/2002	20,6	16,0	18,7	73,7	0,0	0:00
16/07/2002	26,2	15,5	19,7	79,7	0,0	0:00
17/07/2002	21,5	17,0	18,7	80,3	0,0	0:00
18/07/2002	18,8	12,5	15,9	83,7	0,0	0:00
19/07/2002	22,6	12,6	17,1	75,0	0,0	0:00
20/07/2002	25,5	13,1	18,2	74,0	0,0	0:00
21/07/2002	25,5	13,9	19,6	63,0	0,0	0:00
22/07/2002	28,5	16,5	23,7	65,7	0,0	0:00
23/07/2002	29,5	19,7	22,6	66,3	0,0	0:00
24/07/2002	27,5	17,1	20,8	80,0	0,0	0:00
25/07/2002	29,5	17,0	20,7	66,0	0,0	0:00
26/07/2002	24,5	16,5	20,6	75,7	0,0	0:00
27/07/2002	31,5	15,4	22,8	60,3	0,0	0:00
28/07/2002	22,9	16,6	18,7	79,7	2,2	2:00
29/07/2002	22,5	19,9	20,6	66,0	0,0	0:00
Média	21,7	13,9	17,1	74,2	1,5	0:30
Total	-----	-----	-----	-----	61,9	21:11

Fonte: Estação Ecologia Agrícola/Pesagro-Rio/EES. Coordenadas: Latitude: 22°45' S - Longitude: 43°41' W - Altitude: 33m.

Anexo H. Dados climatológicos referentes à quinta avaliação, de 30/07/02 a 09/09/02.

Data	Temperaturas em °C			Umidade Relativa (%)	Chuva recolhida em (mm)	
	Extremas		Média		Total	Duração
	Máxima	Mínima				
30/07/2002	26,5	16,0	19,7	71,3	0,0	0:00
31/07/2002	30,5	15,9	20,1	53,3	0,0	0:00
01/08/2002	26,5	17,5	21,8	71,7	0,0	0:00
02/08/2002	23,2	17,9	20,1	89,0	10,1	4:50
03/08/2002	28,8	18,7	21,7	80,3	1,7	1:30
04/08/2002	22,5	18,4	19,7	88,7	0,0	0:00
05/08/2002	30,9	17,2	22,3	81,0	0,0	0:00
06/08/2002	24,5	19,2	21,3	84,3	0,0	0:00
07/08/2002	28,3	18,6	21,8	72,3	4,1	3:00
08/08/2002	26,8	18,6	21,1	83,0	0,0	0:00
09/08/2002	31,4	17,5	25,4	42,0	0,0	0:00
10/08/2002	24,6	19,3	21,2	75,7	0,0	0:00
11/08/2002	27,5	18,3	20,6	80,7	0,0	0:00
12/08/2002	33,2	16,4	22,9	57,0	0,0	0:00
13/08/2002	33,9	16,5	24,1	42,0	0,0	0:00
14/08/2002	31,5	18,3	24,0	62,0	0,0	0:00
15/08/2002	26,5	19,5	22,3	80,7	0,0	0:00
16/08/2002	28,5	17,5	22,2	64,0	0,0	0:00
17/08/2002	25,3	17,1	22,2	58,3	0,0	0:00
18/08/2002	29,1	15,5	21,9	59,7	0,0	0:00
19/08/2002	29,9	16,0	22,8	59,7	0,0	0:00
20/08/2002	31,5	18,5	23,8	44,0	0,0	0:00
21/08/2002	31,5	17,4	24,2	43,7	0,0	0:00
22/08/2002	32,1	20,5	25,1	54,3	0,0	0:00
23/08/2002	31,1	19,2	23,2	67,0	0,0	0:00
24/08/2002	29,5	16,1	22,2	66,3	0,0	0:00
25/08/2002	30,3	16,6	22,3	60,7	0,0	0:00
26/08/2002	29,5	15,5	22,2	62,0	0,0	0:00
27/08/2002	27,5	15,4	21,6	59,3	0,8	0:10
28/08/2002	30,5	16,5	23,0	46,7	0,0	0:00
29/08/2002	32,6	17,8	25,2	40,3	0,0	0:00
30/08/2002	29,6	20,5	22,8	74,0	1,7	1:40
31/08/2002	30,5	17,9	22,8	80,3	0,0	0:00
01/09/2002	20,5	16,8	17,4	92,0	11,3	6:30
02/09/2002	21,5	15,8	17,7	59,3	6,5	2:50
03/09/2002	25,2	10,5	17,1	57,3	0,0	0:00
04/09/2002	22,4	12,5	18,0	65,7	0,0	0:00
05/09/2002	28,6	16,5	21,8	66,3	0,0	0:00
06/09/2002	33,5	18,3	27,3	45,3	0,0	0:00
07/09/2002	27,2	17,5	20,2	81,3	16,5	7:10
08/09/2002	19,5	15,9	17,4	87,0	1,5	2:00
09/09/2002	26,8	16,2	20,2	73,0	0,0	0:00
Média	24,1	14,7	18,7	66,3	1,2	0:38
Total	-----	-----	-----	-----	50,7	27:05

Fonte: Estação Ecologia Agrícola/Pesagro-Rio/EES. Coordenadas: Latitude: 22°45' S - Longitude: 43°41' W - Altitude: 33m.

Anexo I. Dados climatológicos referentes à sexta avaliação, de 10/09/02 a 21/10/02.

Data	Temperaturas em °C			Umidade Relativa (%)	Chuva recolhida em (mm)	
	Extremas		Média		Total	Duração
	Máxima	Mínima				
10/09/2002	24,2	17,2	20,3	77,7	10,5	4:40
11/09/2002	27,6	16,5	20,8	63,3	0,0	0:00
12/09/2002	28,9	16,5	23,3	48,0	0,0	0:00
13/09/2002	28,3	20,4	23,5	61,3	0,0	0:00
14/09/2002	24,3	18,7	20,5	88,7	1,9	2:30
15/09/2002	24,9	17,8	20,6	74,3	1,1	1:50
16/09/2002	27,5	18,1	21,9	65,7	0,0	0:00
17/09/2002	30,5	17,0	23,3	55,7	0,0	0:00
18/09/2002	29,0	17,1	22,8	61,0	0,0	0:00
19/09/2002	30,5	17,5	25,2	44,7	0,0	0:00
20/09/2002	31,5	20,8	24,3	66,0	0,0	0:00
21/09/2002	21,9	16,8	18,4	89,3	4,7	3:00
22/09/2002	19,5	16,0	17,1	93,7	0,7	0:20
23/09/2002	20,5	15,5	18,1	92,3	2,8	2:30
24/09/2002	19,9	14,9	16,7	96,0	14,7	4:40
25/09/2002	21,5	14,5	17,9	81,3	6,4	3:50
26/09/2002	26,8	14,6	20,1	62,3	0,0	0:00
27/09/2002	26,5	14,3	20,5	65,3	0,0	0:00
28/09/2002	27,3	17,8	21,5	63,7	0,0	0:00
29/09/2002	31,9	16,0	24,4	48,0	0,0	0:00
30/09/2002	34,0	20,9	27,9	45,3	0,0	0:00
01/10/2002	27,2	20,5	23,0	78,3	0,0	0:00
02/10/2002	25,6	19,5	21,4	73,0	5,9	3:00
03/10/2002	29,5	17,9	21,7	69,0	0,0	0:00
04/10/2002	28,4	17,0	22,1	72,7	0,0	0:00
05/10/2002	34,3	17,5	24,7	63,3	0,0	0:00
06/10/2002	30,9	20,9	24,1	72,7	0,0	0:00
07/10/2002	36,7	20,0	29,1	35,7	0,0	0:00
08/10/2002	36,3	22,0	27,0	58,0	0,0	0:00
09/10/2002	37,8	19,5	25,1	77,7	0,0	0:00
10/10/2002	36,4	17,9	25,1	52,7	0,0	0:00
11/10/2002	34,5	16,9	24,9	59,7	0,0	0:00
12/10/2002	31,5	18,0	24,0	70,0	0,0	0:00
13/10/2002	30,5	21,0	24,5	68,3	0,0	0:00
14/10/2002	35,0	19,5	25,5	61,7	0,0	0:00
15/10/2002	37,2	17,1	25,8	57,7	0,0	0:00
16/10/2002	38,2	17,0	28,2	41,7	0,0	0:00
17/10/2002	29,9	19,2	24,8	68,0	0,0	0:00
18/10/2002	28,3	18,4	23,6	82,0	0,0	0:00
19/10/2002	34,9	20,8	27,1	50,3	0,0	0:00
20/10/2002	37,5	21,5	28,8	55,0	0,0	0:00
21/10/2002	40,4	25,5	30,4	58,3	0,0	0:00
Média	25,7	15,6	20,0	65,9	1,0	0:27
Total	-----	-----	-----	-----	41,7	21:20

Fonte: Estação Ecologia Agrícola/Pesagro-Rio/EES. Coordenadas: Latitude: 22°45' S - Longitude: 43°41' W - Altitude: 33m.

Anexo J. Dados climatológicos referentes à sétima avaliação, de 22/10/02 a 02/12/02.

Data	Temperaturas em °C			Umidade Relativa (%)	Chuva recolhida em (mm)	
	Extremas		Média		Total	Duração
	Máxima	Mínima				
22/10/2002	30,3	19,5	23,5	85,0	2,1	2:00
23/10/2002	21,8	18,2	20,2	90,7	0,0	0:00
24/10/2002	29,7	18,7	23,2	64,3	0,0	0:00
25/10/2002	34,2	16,8	25,4	60,0	0,0	0:00
26/10/2002	33,8	22,4	26,0	72,7	1,0	0:40
27/10/2002	29,3	21,7	24,6	79,3	5,2	3:30
28/10/2002	35,2	19,0	26,3	67,0	0,0	0:00
29/10/2002	36,5	20,2	27,0	72,7	0,0	0:00
30/10/2002	29,5	21,5	24,0	89,7	19,5	6:30
31/10/2002	26,5	21,5	23,0	93,3	19,8	7:40
01/11/2002	25,5	20,5	22,8	84,0	0,0	0:00
02/11/2002	27,9	19,5	23,4	73,7	0,4	0:15
03/11/2002	31,7	19,1	25,0	69,7	0,0	0:00
04/11/2002	36,6	20,4	27,3	62,7	0,0	0:00
05/11/2002	24,4	20,1	22,1	94,7	9,2	3:40
06/11/2002	23,5	17,5	19,2	89,7	27,4	7:30
07/11/2002	21,5	17,0	18,3	88,7	7,6	3:50
08/11/2002	25,0	14,5	18,9	63,7	1,6	2:00
09/11/2002	30,5	15,0	23,0	60,7	0,0	0:00
10/11/2002	35,2	19,8	28,2	52,0	0,0	0:00
11/11/2002	33,9	22,0	26,7	70,3	0,0	0:00
12/11/2002	25,9	21,5	23,1	94,0	5,5	2:40
13/11/2002	23,3	19,5	20,8	93,3	1,6	2:00
14/11/2002	31,6	19,0	24,4	77,0	14,2	7:30
15/11/2002	28,9	20,9	24,4	78,0	0,0	0:00
16/11/2002	32,7	20,2	25,9	73,7	7,2	3:30
17/11/2002	31,7	22,0	25,4	76,0	0,0	0:00
18/11/2002	36,6	20,9	28,3	65,3	2,8	3:20
19/11/2002	30,3	22,8	26,0	75,0	0,0	0:00
20/11/2002	32,5	21,5	26,8	75,3	0,0	0:00
21/11/2002	36,2	21,5	27,7	80,3	0,0	0:00
22/11/2002	29,4	23,5	25,8	87,0	0,0	0:00
23/11/2002	33,5	22,3	27,4	69,0	0,0	0:00
24/11/2002	33,4	22,9	27,0	84,7	11,4	3:50
25/11/2002	35,9	23,0	28,8	64,7	0,0	0:00
26/11/2002	35,5	25,9	29,6	50,7	0,0	0:00
27/11/2002	35,0	24,5	29,7	49,3	0,0	0:00
28/11/2002	35,5	24,3	28,9	50,3	0,0	0:00
29/11/2002	37,4	20,9	29,1	47,0	0,0	0:00
30/11/2002	36,2	25,4	29,4	57,0	0,0	0:00
01/12/2002	39,2	24,3	29,9	48,0	0,0	0:00
02/12/2002	35,5	21,7	26,5	77,3	2,4	2:40
Média	26,9	17,8	21,7	72,8	2,5	1:04
Total	-----	-----	-----	-----	104,9	45:13

Fonte: Estação Ecologia Agrícola/Pesagro-Rio/EES. Coordenadas: Latitude: 22°45' S - Longitude: 43°41' W - Altitude: 33m.

Anexo K. Dados climatológicos referentes à oitava avaliação, de 03/12/02 a 14/01/03.

Data	Temperaturas em °C			Umidade Relativa (%)	Chuva recolhida em (mm)	
	Extremas		Média		Total	Duração
	Máxima	Mínima				
03/12/2002	26,9	21,6	24,5	93,3	42,8	6:30
04/12/2002	30,9	22,4	26,0	73,3	0,0	0:00
05/12/2002	34,5	22,5	27,2	77,0	0,0	0:00
06/12/2002	34,5	24,8	28,2	64,0	0,0	0:00
07/12/2002	32,8	24,0	28,1	65,0	0,0	0:00
08/12/2002	30,8	23,0	26,8	76,3	0,0	0:00
09/12/2002	25,5	21,0	22,8	98,0	0,0	0:00
10/12/2002	25,0	20,8	22,5	98,3	8,6	3:50
11/12/2002	27,5	20,4	23,0	91,7	6,8	3:10
12/12/2002	27,5	21,0	23,8	95,7	37,0	8:50
13/12/2002	29,5	22,5	25,4	84,0	83,0	11:40
14/12/2002	32,8	22,0	26,2	79,3	0,0	0:00
15/12/2002	31,5	22,0	26,8	62,0	9,0	5:00
16/12/2002	28,5	23,5	25,6	82,3	0,0	0:00
17/12/2002	33,3	22,0	26,8	75,0	2,2	2:05
18/12/2002	29,3	20,5	24,7	57,3	0,4	0:20
19/12/2002	32,5	21,5	25,7	66,3	0,0	0:00
20/12/2002	35,5	22,1	27,6	64,0	0,0	0:00
21/12/2002	30,3	23,1	25,8	82,0	0,0	0:00
22/12/2002	29,0	22,4	25,7	81,3	0,0	0:00
23/12/2002	35,0	22,8	27,7	65,3	0,0	0:00
24/12/2002	37,3	24,5	29,8	56,0	0,0	0:00
25/12/2002	31,8	21,7	25,4	79,3	0,0	0:00
26/12/2002	25,5	20,4	22,0	79,7	48,4	8:40
27/12/2002	27,1	17,5	22,4	61,7	0,4	0:20
28/12/2002	28,3	18,5	23,8	76,3	0,0	0:00
29/12/2002	30,5	21,8	25,1	78,0	0,0	0:00
30/12/2002	34,5	21,5	26,9	70,0	0,0	0:00
31/12/2002	34,7	22,9	27,7	61,7	0,0	0:00
01/01/2003	26,9	21,6	24,5	93,3	42,8	6:30
02/01/2003	30,9	22,4	26,0	73,3	0,0	0:00
03/01/2003	34,5	22,5	27,2	77,0	0,0	0:00
04/01/2003	34,5	24,8	28,2	64,0	0,0	0:00
05/01/2003	32,8	24,0	28,1	65,0	0,0	0:00
06/01/2003	30,8	23,0	26,8	76,3	0,0	0:00
07/01/2003	25,5	21,0	22,8	98,0	0,0	0:00
08/01/2003	25,0	20,8	22,5	98,3	8,6	3:50
09/01/2003	27,5	20,4	23,0	91,7	6,8	3:10
10/01/2003	27,5	21,0	23,8	95,7	37,0	8:50
11/01/2003	29,5	22,5	25,4	84,0	83,0	11:40
12/01/2003	32,8	22,0	26,2	79,3	0,0	0:00
13/01/2003	31,5	22,0	26,8	62,0	9,0	5:00
Média	25,6	17,4	22,8	75,0	6,8	0:52
Total	-----	-----	-----	-----	287,3	36:33

Fonte: Estação Ecologia Agrícola/Pesagro-Rio/EES. Coordenadas: Latitude: 22°45' S - Longitude: 43°41' W - Altitude: 33m.