

# Sistema radicular de seis gramíneas irrigadas em diferentes adubações nitrogenadas e manejos

Fernando França da Cunha<sup>1\*</sup>, Márcio Mota Ramos<sup>1</sup>, Carlos Augusto Brasileiro de Alencar<sup>2</sup>, Carlos Eugênio Martins<sup>3</sup>, Antônio Carlos Cóser<sup>3</sup> e Rubens Alves de Oliveira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa, Av. Peter Henry Rolfs, s/n, 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. <sup>2</sup>Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Vale do Rio Doce, Governador Valadares, Minas Gerais, Brasil. <sup>3</sup>Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: cunhaff@yahoo.com.br

**RESUMO.** Objetivou-se avaliar a densidade de raiz e a profundidade efetiva do sistema radicular de seis gramíneas irrigadas sob efeito de diferentes adubações nitrogenadas e manejos. O experimento foi analisado em esquema de parcelas sub-subdivididas, tendo nas parcelas os manejos (pastejo e corte), nas subparcelas as gramíneas (Estrela, Marandu, Mombaça, Pioneiro, Tanzânia e Xaraés) e nas sub-subparcelas as doses nitrogenadas (100, 300, 500 e 700 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>). A densidade de raiz foi obtida pela densidade média de todas as amostras, e a profundidade efetiva foi definida na profundidade onde se concentravam 80% de peso das raízes. Observou-se efeito das gramíneas, adubação nitrogenada e manejos nas características avaliadas. O capim-Marandu, seguido do Xaraés, apresentou maior densidade de raiz. No geral, os capins Marandu e Pioneiro proporcionaram maior e menor profundidade efetiva do sistema radicular, respectivamente. O manejo corte proporcionou maior densidade de raiz, porém não influenciou a profundidade efetiva. A adubação nitrogenada dependeu da gramínea e do manejo para conferir efeito nos parâmetros avaliados.

**Palavras-chave:** profundidade efetiva, densidade de raiz, *B. brizantha*, *P. maximum*, *P. purpureum*, *C. nlemfuensis*.

**ABSTRACT.** Root system of six irrigated grasses under different nitrogen fertilization and management. This study aimed to evaluate the root density and root depth of six irrigated grasses under different nitrogen fertilization and management. The experiment was analyzed in a split-split plot design. Two management (grazed and cut) constituted the plots, six grasses (Estrela, Marandu, Mombaça, Pioneiro, Tanzânia and Xaraés) the split-plots, and four nitrogen fertilization (100, 300, 500 and 700 kg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>) the split-split-plots. The root density was obtained by the medium density of all the samples and root depth was based on the first 80% root weight. Effects of the grasses, nitrogen fertilization and management were observed in the appraised characteristics. Marandu, followed by Xaraés, presented larger root density. In general, Marandu and Pioneiro provided larger and smaller root depth, respectively. The cut provided larger root density, even though it did not influence root depth. Nitrogen fertilization depended on the grass and management to have an effect in the parameters.

**Key words:** root depth, root density, *B. brizantha*, *P. maximum*, *P. purpureum*, *C. nlemfuensis*.

## Introdução

O desenvolvimento do sistema radicular das plantas cultivadas vem sendo abordado nos estudos das inter-relações entre solo e planta, mas estes estudos ainda são escassos na maioria das culturas, inclusive as forrageiras, já que a quantificação de raízes, usualmente, envolve a utilização de métodos trabalhosos e dispendiosos. A formação de um sistema radicular vigoroso é fundamental para que as plantas possam suportar situações de estresse, como invernos rigorosos, verões secos e o próprio pastejo.

Dada a importância do sistema radicular das pastagens, Scheffer-Basso et al. (2002) defendem a

inclusão desta característica agrônômica na seleção de genótipos superiores em qualquer espécie forrageira. Segundo Voltaire et al. (1998), tais características foram consideradas na seleção de cultivares de azevém (*Lolium rigidum*).

De acordo com Cecato et al. (2001), o sistema radicular das plantas forrageiras é afetado diretamente pelas condições físicas do solo, nutrientes, umidade, dentre outros. O manejo de forrageiras, por corte ou por pastejo, pode interferir diferentemente nas propriedades físicas do solo e indiretamente no desenvolvimento do sistema radicular. Um exemplo é a redução no percentual de macroporos e o aumento da

densidade do solo quando este é submetido ao pisoteio animal. Também quando há remoção da parte aérea, por meio do corte ou pastejo de forma muito intensa e frequente, há declínio da produção das plantas (CORSI; NASCIMENTO JUNIOR, 1994; CECATO et al., 2001; SCHEFFER-BASSO et al., 2002), ocorrendo primeiro redução nas raízes e, posteriormente, na parte aérea (CECATO et al., 2001).

Uma planta bem suprida em N apresenta sistema radicular maior que uma planta deficiente em N, porque os mecanismos envolvidos no crescimento do sistema radicular estão relacionados com o acúmulo de carboidratos (BROUWER, 1962). Tinker e Nye (2000) ressaltaram que uma densidade do sistema radicular de 1 cm de raiz por 1 cm<sup>3</sup> de solo é capaz de absorver praticamente todo o nitrato em solos com umidade adequada.

A influência da fertilidade do solo também pode ser associada ao nível de umidade, pois Giacomini et al. (2005), avaliando o crescimento de raízes dos capins Aruana (*Panicum maximum* Jacq. cv. Aruana) e Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) submetidos a doses de nitrogênio de 150 e 300 kg ha<sup>-1</sup>, observaram que a adubação nitrogenada influenciou o crescimento de raízes nos períodos em que houve maior pluviosidade, de modo que a menor dose de nitrogênio promoveu maior crescimento de raízes. Doorenbos e Pruitt (1977), relatando a absorção de água no perfil do solo, destacam que a maioria das plantas retira 40% do total de água utilizada do quarto superior do perfil do solo abrangido pelo sistema radicular e 30, 20 e 10% da segunda, terceira e quarta frações do perfil do solo explorado pelas raízes, respectivamente. Hunt et al. (1998) relataram que a distribuição do sistema radicular no solo não é uniforme, sendo o movimento de água maior nas regiões do perfil onde as raízes estão mais concentradas. Nesses locais, a depleção do teor de água no solo é bem mais rápida.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho estudar a densidade e profundidade efetiva do sistema radicular sob efeito de diferentes níveis de adubação nitrogenada, em condições de pastejo e de corte, em seis gramíneas irrigadas.

## Material e métodos

Este trabalho foi conduzido de maio de 2003 a abril de 2005 e realizado na Universidade Vale do Rio Doce, localizada no município de Governador Valadares, Estado de Minas Gerais, sendo as coordenadas geográficas 18° 47' 30" de latitude sul e 41° 59' 04" de longitude Oeste e altitude de 223 m.

Foram montados dois experimentos, um manejado por pastejo e outro por corte, dentro de

uma área de 2 hectares, com topografia suave-ondulada. Ambos os experimentos foram conduzidos em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas seis gramíneas e nas subparcelas quatro doses nitrogenadas, no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. As gramíneas utilizadas foram a *Cynodon nlemfuensis* L. cv. Estrela, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Panicum maximum* cv. Mombaça, *Pennisetum purpureum* cv. Pioneiro, *Panicum maximum* cv. Tanzânia e *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés; as doses nitrogenadas foram de 100, 300, 500 e 700 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Figura 1). As parcelas experimentais foram de 10 m de comprimento e 8 m de largura, subdivididas em quatro subparcelas, com dimensões de 5 x 4 m. Sendo a bordadura de 0,5 m, a área útil de cada subparcela foi de 12 m<sup>2</sup>.

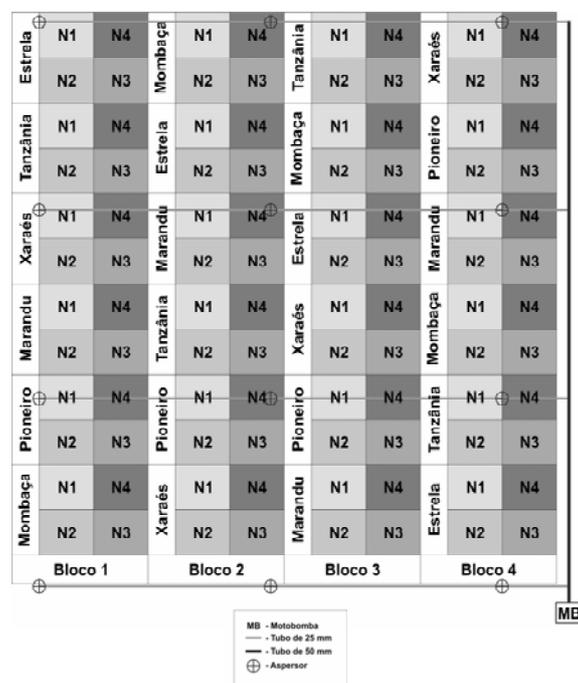


Figura 1. Diagrama da área experimental manejado por pastejo.

O solo na área experimental foi classificado como Cambissolo eutrófico, textura média, com a seguinte composição química na camada de 0 a 30 cm: pH (H<sub>2</sub>O) = 6,5; M.O. = 1,6 g dm<sup>-3</sup>; P = 6,0 mg dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 0,15 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>+2</sup> = 3,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>+2</sup> = 1,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al<sup>+3</sup> = 0,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al = 4,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e V = 55%.

As sementeiras foram realizadas manualmente em fileiras espaçadas 30 cm, com sementes distribuídas na profundidade média de 2 cm. Nos casos das cultivares dos gêneros *Cynodon* e *Pennisetum*, que não produzem sementes, a formação da forrageira foi por via vegetativa, com distribuição

das mudas em sulcos espaçados 50 cm e nas profundidades de 10 e 15 cm, respectivamente. No plantio da cultivar do gênero *Cynodon*, dois terços da muda foram enterrados, deixando-se o terço apical sobre o solo.

A adubação de plantio consistiu em 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, cuja fonte foi superfosfato simples, sendo aplicado todo o fósforo no fundo do sulco. A adubação de manutenção consistiu em 50 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 150 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, tendo como fontes o superfosfato simples e o cloreto de potássio, respectivamente. O nitrogênio foi aplicado via fonte ureia, e sua dosagem foi conforme os tratamentos. A adubação foi aplicada por cobertura, porém o fósforo foi aplicado a cada ano; o cloreto de potássio e a ureia foram parcelados conforme o número de pastejo ou corte realizado em cada ano.

Os experimentos foram conduzidos por irrigação e manejados mediante o acompanhamento do potencial de água no solo feito por tensiômetros digitais instalados a 15 e 45 cm de profundidade. As irrigações foram efetuadas quando os tensiômetros instalados a 15 cm indicavam valores de potencial matricial em torno de -60 kPa. A lâmina de irrigação foi calculada por meio da Equação 1:

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

em que:

L = lâmina total necessária (mm); CC = teor de água do solo na capacidade de campo (g g<sup>-1</sup>);  $\theta$  = teor de água do solo, no potencial matricial de -60 kPa (g g<sup>-1</sup>); D = densidade do solo (g cm<sup>-3</sup>); Z = profundidade efetiva do sistema radicular (cm); e Ea = eficiência de aplicação de água (decimal).

Para reposição da lâmina de água, utilizou-se o sistema de irrigação por aspersão convencional semifixo, constituído por linha principal e linhas laterais de PVC enterradas, com mudança apenas dos aspersores. Os aspersores eram equipados com bocais de 5,6 x 3,2 mm, operando com pressão de serviço de 280 kPa e vazão nominal de 2,45 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, espaçamento de 18 x 18 m e ângulo de inclinação do jato igual a 23°.

No experimento manejado por pastejo, aos 45 dias após o corte de uniformização, foi realizado o primeiro pastejo monitorado nas parcelas, de maneira que o resíduo remanescente pós-pastejo apresentasse em torno de 15% de folhas verdes remanescentes, conforme Aroeira et al. (1999). O mesmo procedimento foi adotado nas demais coletas e nos pastejos seguintes, porém com intervalos de 30 dias até o término do experimento.

No experimento manejado por corte, o corte de uniformização também foi aos 45 dias e os demais realizados com intervalos de 50 dias e altura de 20 cm do nível do solo.

Após dois anos de experimento, o estudo de distribuição do sistema radicular foi realizado por meio de amostragens a cada 10 cm de profundidade ao longo do perfil do solo explorado pelas raízes. O ponto de amostragem na seção transversal foi entre as touceiras de capim. A amostragem do material de solo e raízes foi feita com um trado tipo Uhlund, com anel de 67 mm de diâmetro e 70 mm de altura. As raízes contidas nas amostras foram submetidas à rigorosa e cuidadosa limpeza, com água corrente e peneiras, sendo posteriormente colocadas em saco de papel, identificadas e levadas à estufa com circulação forçada de ar a 65°C, durante 72h. Em seguida, foram pesadas em balança de precisão (10<sup>-5</sup> g). O peso de raízes foi dividido pelo volume da amostra, obtendo-se, dessa forma, a densidade de raiz em cada amostragem. A densidade de raiz foi obtida pela densidade média de todas as amostras. A profundidade efetiva do sistema radicular foi definida conforme a profundidade em que se concentravam 80% de peso das raízes.

Para a realização da análise estatística, procedeu-se à análise conjunta dos dois experimentos. Para utilização da análise conjunta, os dados foram submetidos ao teste de Box, conforme Equação 2 (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002). Estes autores relataram que uma forma de utilização da análise conjunta é utilizar, em todos os experimentos, os mesmos tratamentos e o mesmo tipo de delineamento. A partir disso, deve-se considerar os quadrados médios residuais dos diversos experimentos. Para que os experimentos possam ser reunidos sem mais dificuldades, é preciso que esses quadrados médios residuais não difiram muito entre si, isto é, que sejam relativamente homogêneos.

$$F = \frac{QM_1}{3QM_2} \quad (2)$$

em que:

F = F de Box; QM<sub>1</sub> = maior; e QM<sub>2</sub> = menor dos k quadrados médios considerados.

Sendo permitida a análise conjunta, o experimento foi analisado em esquema de parcelas sub-subdivididas, tendo nas parcelas os manejos, nas subparcelas as gramíneas e nas sub-subparcelas as doses nitrogenadas. Além de terem sido submetidos à análise de variância, os dados também foram submetidos à análise de regressão. A comparação de

médias foi realizada usando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo, os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t a 10% de probabilidade, no coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e no fenômeno biológico. Para execução das análises estatísticas, foi utilizado o programa estatístico SAEG 9.0. Independentemente de a interação entre os fatores ser ou não significativa, optou-se pelo seu desdobramento, pelo interesse em estudo.

## Resultados e discussão

Na Tabela 1, na dose de  $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de N e manejo corte, observa-se que o capim-Marandu proporcionou maior ( $p < 0,05$ ) densidade de raiz em relação aos capins Tanzânia, Estrela e Mombaça e não diferiu ( $p > 0,05$ ) dos capins Xaraés e Pioneiro. Nas demais doses nitrogenadas e manejos, verificou-se que não houve diferença ( $p > 0,05$ ) na densidade de raiz das gramíneas.

**Tabela 1.** Valores médios de densidade de raiz ( $\text{g dm}^{-3}$ ) para as respectivas combinações de adubação nitrogenada, gramíneas e manejos.

Gramínea	$100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$		$300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$	
	Pastejo	Corte	Pastejo	Corte
Estrela	0,60 Aa	0,72 Ba	0,58 Aa	0,76 Aa
Marandu	0,67 Ab	1,55 Aa	0,84 Ab	1,37 Aa
Mombaça	0,37 Aa	0,58 Ba	0,31 Ab	1,21 Aa
Pioneiro	0,48 Aa	0,86 ABa	0,46 Ab	1,08 Aa
Tanzânia	0,32 Aa	0,77 Ba	0,25 Aa	0,72 Aa
Xaraés	0,70 Ab	1,34 ABa	0,49 Ab	1,25 Aa
Gramínea	$500 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$		$700 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$	
	Pastejo	Corte	Pastejo	Corte
Estrela	0,46 Aa	0,98 Aa	0,37 Aa	0,56 Aa
Marandu	0,63 Aa	1,15 Aa	0,57 Ab	1,13 Aa
Mombaça	0,34 Ab	1,14 Aa	0,34 Ab	0,89 Aa
Pioneiro	0,47 Aa	0,94 Aa	0,61 Aa	0,97 Aa
Tanzânia	0,23 Aa	0,70 Aa	0,25 Aa	0,74 Aa
Xaraés	0,53 Ab	1,25 Aa	0,52 Aa	0,72 Aa

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

De acordo com Silva et al. (2002), estudos existentes sobre sistema radicular de plantas forrageiras tropicais poucas vezes são conclusivos, quando interpretados por estatística. Isso se deve à grande variabilidade dos dados, fazendo com que o coeficiente de variação apresente altos valores. Diante disso, apesar de não verificado efeito estatístico, é válido ressaltar o desempenho dos capins Marandu e Xaraés, por terem apresentado altos valores de densidade de raiz em relação às demais gramíneas estudadas. Tal fato indica que essas gramíneas são importantes para conservação e incremento de matéria orgânica do solo, pela alta produção de raízes. Essas gramíneas, porém, não possuem maior capacidade em absorver água e nutrientes, pois esta característica não aumenta em

proporção ao aumento da densidade de raiz. Enquanto novas raízes com alta capacidade de absorção estão sendo produzidas, raízes mais velhas se tornam menos permeáveis (KRAMER, 1983).

Os valores de densidade de raiz do capim-Tanzânia estão próximos aos encontrados na literatura. Silva et al. (2002), avaliando a densidade de raiz do capim-Tanzânia irrigado com 30 dias após o pastejo no município de Piracicaba, Estado de São Paulo, obteve valores entre 0,44 e  $0,84 \text{ g dm}^{-3}$ . Os valores de densidade de raiz do capim-Mombaça encontrados neste trabalho foram próximos aos encontrados por Gomide et al. (2003). Estes autores, trabalhando no município de Viçosa, Estado de Minas Gerais, apresentaram valores médios de 0,2 e  $1,2 \text{ g dm}^{-3}$  para 16 e 37 dias após a emergência, respectivamente.

Quanto ao efeito proporcionado pelos diferentes manejos, verifica-se na Tabela 1 que a densidade de raiz não foi afetada ( $p > 0,05$ ) nos capins Estrela e Tanzânia. Para as demais gramíneas, verificou-se, no geral, que a densidade de raiz foi maior ( $p < 0,05$ ) no manejo corte. Esse comportamento deve-se à menor frequência de retirada de forragem no sistema manejado por corte (a cada 50 dias) em relação ao sistema manejado por pastejo (a cada 30 dias). Scheffer-Basso et al. (2002) observaram o mesmo para a gramínea *Bromus auleticus*, em que a quantidade de raiz produzida diminuiu em 53% à medida que cortes mais frequentes foram efetuados.

Na Tabela 2, são apresentadas as equações para estimativa da densidade de raiz para as gramíneas cultivadas em ambos os manejos, em função das doses nitrogenadas. No sistema manejado por pastejo, observou-se que as doses nitrogenadas não proporcionaram efeito ( $p > 0,05$ ) nas gramíneas Marandu, Mombaça e Xaraés. Para a Estrela, verificou-se efeito linear negativo ( $p < 0,05$ ) e, para os capins Pioneiro e Tanzânia, quadrático negativo ( $p < 0,05$ ), cujos valores mínimos retirados das equações estimadas foram alcançados nas doses de 305 e  $502 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , respectivamente. Resultados diferentes foram encontrados na literatura, nos quais ao invés de a equação quadrática ser negativa como no presente trabalho, ela foi positiva. Santos Júnior et al. (2004), avaliando o capim-Marandu, verificou que a máxima densidade de raiz ocorreu na dose de  $303 \text{ mg L}^{-1}$  de N. Santos e Monteiro (1999) também relataram que, para maximizar a densidade de raiz da *Brachiaria decumbens*, a dose seria de  $453 \text{ mg L}^{-1}$  de N.

**Tabela 2.** Regressões e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) da densidade de raiz (DR,  $g\ dm^{-3}$ ), em função das doses nitrogenadas (N,  $kg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ ), para as diferentes gramíneas e para os sistemas pastejo (Manejo 1) e corte (Manejo 2).

Gramínea	Manejo	Equação	$R^2$
Estrela	1	DR = 0,6652 - 0,0004*N	0,94
	2	DR = 0,7535	-
Marandu	1	DR = 0,6752	-
	2	DR = 1,5980 - 0,0007*N	0,93
Mombaça	1	DR = 0,3410	-
	2	DR = 0,1821 + 0,0048*N - 0,00001*N <sup>2</sup>	0,94
Pioneiro	1	DR = 0,5396 - 0,0006*N + 0,00001*N <sup>2</sup>	0,96
	2	DR = 0,9627	-
Tanzânia	1	DR = 0,3623 - 0,0005*N + 0,000001*N <sup>2</sup>	0,99
	2	DR = 0,8174 - 0,0005*N + 0,0000005*N <sup>2</sup>	0,99
Xaraés	1	DR = 0,5609	-
	2	DR = 1,5160 - 0,0009*N	0,72

\*significativo a 5% de probabilidade.

No sistema manejado por corte, observou-se que as doses de N não proporcionaram efeito ( $p > 0,05$ ) nos capins Estrela e Pioneiro. Nos capins Marandu e Xaraés, verificou-se efeito linear negativo ( $p < 0,05$ ), ou seja, o aumento da dose nitrogenada proporcionou redução na densidade de raiz. Para o capim-Mombaça, observou-se resposta quadrática ( $p < 0,05$ ), em que o valor máximo retirado da equação estimada foi alcançado na dose de  $438\ kg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$  de N. Para o capim-Tanzânia, observou-se também resposta quadrática ( $p < 0,05$ ), porém negativa, cujo valor mínimo foi obtido com a dose nitrogenada de  $461\ kg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ . Giacomini et al. (2005), ao avaliarem dois capins utilizando duas doses de nitrogênio no município de Nova Odessa, Estado de São Paulo, observaram valores de densidade de raiz de 1,6 e  $1,2\ g\ dm^{-3}$ , com a dose de  $150\ kg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ , e 1,8 e  $1,1\ g\ dm^{-3}$ , com a dose de  $300\ kg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ , nos capins Tanzânia e Aruana, respectivamente.

Na Tabela 3, observa-se que, no sistema manejado por pastejo, o capim-Marandu proporcionou maior ( $p < 0,05$ ) profundidade efetiva (PE) em relação às outras gramíneas. Por outro lado, o capim-Pioneiro foi o que apresentou menor ( $p < 0,05$ ) PE. No sistema de corte e dose nitrogenada de  $500\ kg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ , observou-se o mesmo em relação aos capins Marandu e Pioneiro no sistema pastejo. Nas outras doses de N, porém, as gramíneas não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ).

Os valores médios da PE do sistema radicular do capim-Tanzânia foram menores que os relatados na literatura. Cunha et al. (2007), no município de Viçosa, Estado de Minas Gerais, e Delgado-Rojas et al. (2004) em Piracicaba, Estado de São Paulo, encontraram valores médios de 50 e 38 cm, respectivamente. Howell (1999) relatou que alguns capins das espécies *Saccharum spontaneum*, *Thysanolaena maxima* e *Cymbopogon microtheca* atingem uma PE do sistema radicular entre 50 e 100 cm; já as do gênero de *Cynodon dactylon* e *Pennisetum clandestinum* podem chegar a valores acima de 100 cm.

**Tabela 3.** Valores médios de profundidade efetiva do sistema radicular (cm) para as respectivas combinações de adubação nitrogenada, gramíneas e manejos.

Gramínea	$100\ kg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$		$300\ kg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$	
	Pastejo	Corte	Pastejo	Corte
Estrela	35,13 ABa	34,56 Aa	37,33 ABa	38,01 Aa
Marandu	41,94 Aa	39,80 Aa	44,44 Aa	41,53 Aa
Mombaça	22,05 Ba	23,87 Aa	26,45ABa	26,70 Aa
Pioneiro	18,51 Ba	21,62 Aa	19,76 Ba	22,13 Aa
Tanzânia	26,79 ABa	26,52 Aa	31,24 ABa	33,24 Aa
Xaraés	31,11 ABa	29,02 Aa	27,01 ABa	32,29 Aa
Gramínea	$500\ kg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$		$700\ kg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$	
	Pastejo	Corte	Pastejo	Corte
Estrela	35,17 ABa	41,35 ABa	41,09 Aa	36,16 Aa
Marandu	49,82 Aa	48,23 Aa	46,18 Aa	42,98 Aa
Mombaça	28,83 Ba	27,56 BCa	27,51 ABa	28,87 Aa
Pioneiro	20,84 Ba	20,83 Ca	17,67 Ba	24,34 Aa
Tanzânia	32,83 ABa	26,00 BCa	35,73 ABa	26,54 Aa
Xaraés	27,40 Ba	34,78 ABCa	32,40 ABa	34,29 Aa

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

Observa-se também, na Tabela 3, que o capim-Xaraés não apresentou altos valores de PE, evidenciando que, apesar desse capim ter produzido grande quantidade de matéria seca de raízes (Tabela 1), estas ficaram concentradas nas primeiras camadas do solo. Essa característica é indesejável, pois, em longos períodos de veranicos, essas gramíneas terão maior dificuldade de absorver água de camadas profundas e poderão sofrer mais rapidamente o estresse hídrico, quando cultivadas em condições de sequeiro. Outro problema que PE do sistema radicular menor ou superficial traz é a redução no raio de ação da planta para obtenção de nutrientes do solo. Para haver compensação disso, a planta exige maior concentração de nutrientes num menor volume de solo. Gregory (1994) demonstrou esse fato ao evidenciar a importância do comprimento de raízes para taxas máximas de absorção do amônio em solução: foram exigidos 100 e 5 cm de raízes para cada  $cm^3$  de solo, quando a disponibilidade desse íon no solo foi baixa e alta, respectivamente.

Analisando o efeito do manejo, verificou-se que o sistema pastejo não diferiu ( $p > 0,05$ ) do sistema corte na PE do sistema radicular. Esse resultado foi surpreendente, pois a compactação provocada pelo pisoteio animal na camada superior do solo no sistema pastejo deveria ter causado restrição no desenvolvimento radicular, como verificado por diversos trabalhos na literatura (CECATO et al., 2001; CAMARGO; ALLEONI, 1997; WARREN et al., 1986). Dessa forma, pode-se considerar que a intensidade de pastejo utilizada nesse trabalho foi baixa e, possivelmente somada à boa estrutura do solo, não provocou compactação do mesmo.

Na Tabela 4, são apresentadas as equações que estimam a profundidade efetiva do sistema radicular para as gramíneas cultivadas em ambos os manejos, em função das doses nitrogenadas. Observa-se, no

sistema manejado por pastejo, que as doses nitrogenadas proporcionaram efeito ( $p < 0,05$ ) linear positivo no capim-Tanzânia e quadrático nos capins Mombaça e Xaraés. Para as demais gramíneas, não foi verificado efeito ( $p > 0,05$ ).

**Tabela 4.** Regressões e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) da profundidade efetiva do sistema radicular (PE, em cm), em função das doses nitrogenadas (N, em  $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ), para as diferentes gramíneas e para os sistemas pastejo (Manejo 1) e corte (Manejo 2).

Gramínea	Manejo	Equação	$R^2$
Estrela	1	PE = 37,1791	-
	2	PE = 37,5187	-
Marandu	1	PE = 45,5956	-
	2	PE = 43,1357	-
Mombaça	1	PE = 18,5250 + 0,0380**N - 0,00004*N <sup>2</sup>	0,99
	2	PE = 22,5238 + 0,0156*N - 0,00001*N <sup>2</sup>	0,98
Pioneiro	1	PE = 19,1958	-
	2	PE = 22,2315	-
Tanzânia	1	PE = 25,9634 + 0,0142**N	0,97
	2	PE = 28,0744	-
Xaraés	1	PE = 34,8860 - 0,0434**N + 0,00006**N <sup>2</sup>	0,99
	2	PE = 26,3428 + 0,0280*N - 0,00002*N <sup>2</sup>	0,99

\*\* e \*significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

No sistema de corte, observou-se que as doses nitrogenadas proporcionaram efeito ( $p < 0,05$ ) quadrático nos capins Mombaça e Xaraés. Para as demais gramíneas, não foi verificado efeito ( $p > 0,05$ ). Nota-se que o Xaraés teve comportamento diferente; no sistema manejado por pastejo, o valor mínimo retirado da equação estimada foi alcançado na dose nitrogenada de  $381 \text{ kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ , já no manejo corte, a equação foi quadrática positiva, em que o valor máximo foi de  $594 \text{ kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  de N. O capim-Tanzânia também se comportou diferente; no manejo pastejo, as doses crescentes de N proporcionaram aumento linear ( $p < 0,05$ ) e, no manejo corte, não proporcionaram nenhum efeito ( $p > 0,05$ ). Independentemente da gramínea ou manejo, esses resultados contrariaram os encontrados por Giacomini et al. (2005) ao verificarem que o aumento da fertilidade do solo provocou queda na PE do sistema radicular dos capins Aruana e Tanzânia.

## Conclusão

As análises dos resultados permitiram concluir que os capins Marandu e Xaraés apresentam maior densidade de raiz. No geral, os capins Marandu e Pioneiro proporcionam maior e menor profundidade efetiva do sistema radicular, respectivamente. Os diferentes manejos estudados não influenciam a profundidade efetiva, porém a densidade de raiz é maior no sistema manejado por corte. A adubação nitrogenada depende bastante da gramínea e do manejo para conferir efeito nas variáveis avaliadas.

## Referências

- AROEIRA, L. J. M.; LOPES, F. C. F.; DERESZ, F.; VERNEQUE, R. S.; MALDONADO VASQUEZ, H.; MATOS, L. L.; VITTORI, A. Pasture availability and dry matter intake of lactating crossbred cows grazing elephant grass (*Pennisetum purpureum*, Schum). **Animal Feed Science and Technology**, v. 78, n. 3, p. 313-324, 1999.
- BROWER, R. Nutritive influences on the distribution of dry matter in the plant. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 5, p. 342-399, 1962.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1997.
- 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.; NASCIMENTO JUNIOR, D. Princípios de fisiologia e morfologia de plantas forrageiras aplicadas no manejo das pastagens. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (Ed.). **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: Fealq, 1994. p. 15-48.
- CUNHA, F. F.; SOARES, A. A.; SEDIYAMA, G. C.; MANTOVANI, E. C.; PEREIRA, O. G.; ABREU, F. V. S.; SOUZA, D. O. Avaliação do sistema radicular do capim-Tanzânia submetido a diferentes níveis de irrigação e turnos de rega. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 15, n. 3, p. 200-211, 2007.
- DELGADO-ROJAS, J. S.; NOVAES, M.; LOURENÇO, L. F.; COELHO, R. D. Evapotranspiração máxima do capim-Tanzânia (*Panicum maximum* J.) em pastejo rotacionado, baseada na evaporação do tanque "classe A" e no índice de área foliar. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 1, p. 226-234, 2004.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirements**. Rome: FAO, 1977.
- 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.
- GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; ALEXANDRINO, E. Índices morfogênicos e de crescimento durante o estabelecimento e a rebrotação do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 795-803, 2003.
- GREGORY, P. J. Root growth and activity. In: BOOTE, K. J.; BENNETT, J. M.; SINCLAIR, T. R.; PULSEN, G. M. (Ed.). **Physiology and determination of crop yield**. Madison: ASA/CSSA/SSSA, 1994. p. 65-93.
- HOWELL, J. **Roadside bioengineering**. Kathmandu: Department of Roads, 1999.
- HUNT, H. W.; MORGAN, J. A.; READ, J. J. Simulating growth and root-shoot partitioning in prairie grasses under elevated atmospheric  $\text{CO}_2$  and water stress. **Annals of Botany**, v. 81, n. 4, p. 489-501, 1998.

- KRAMER, P. J. **Water relations of plant**. Orlando: Academic Press, 1983.
- PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônomicos e florestais**. 11. ed. Piracicaba: Fealq, 2002.
- SANTOS, A. R.; MONTEIRO, F. A. Produção e perfilhamento de *Brachiaria decumbens* Stapf. em função de doses de enxofre. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 3, p. 689-692, 1999.
- SANTOS JÚNIOR, J. D. G.; MONTEIRO, F. A.; LAVRES JUNIOR, J. Análise do crescimento do capim-marandu submetido a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1985-1991, 2004.
- SCHEFFER-BASSO, S. M.; SOARES, G. C.; DALL'AGNOL, M. Efeito de frequência e altura de corte em dois genótipos de *Bromus auleticus* trin, ex n. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 8, n. 3, p. 191-194, 2002.
- SILVA, A. P.; CORSI, M.; IMHOFF, S. D. C. Soil compaction versus cow-stocking rates on an irrigated grazing system. **Advances in Geocology**, v. 35, n. 3, p. 397-406, 2002.
- TINKER, P. B.; NYE, P. H. **Solute movement in the rhizosphere**. New York: Oxford University Press, 2000.
- VOLAIRE, F.; THOMAS, H.; LELIEVRE, F. Survival and recovery of perennial forage grasses under prolonged Mediterranean drought. **New Phytology**, v. 140, n. 3, p. 439-449, 1998.
- WARREN, S. D.; NEVILL, M. B.; BLACKBURN, W. H.; GARZA, N. E. Soil response to trampling under intensive rotation grazing. **Soil Science Society of America Journal**, v. 50, n. 5, p. 1336-1341, 1986.

Received on March 5, 2008.

Accepted on September 9, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited