

PARTIÇÃO DE MASSA SECA DE CULTIVARES DE *UROCHLOAS* SOB EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA

Sâmia Alves Lopes¹;

Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), Araguaína, TO.

<http://lattes.cnpq.br/3750657311065311>

Tiago Barbalho André²;

Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), Araguaína, TO.

<http://lattes.cnpq.br/2856004671377237>

Kaio Cesar Lima Vale³;

Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), Araguaína, TO.

<http://lattes.cnpq.br/5341245799617513>

Jamille Araujo Oliveira⁴;

Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), Araguaína, TO.

<http://lattes.cnpq.br/9477021207610091>

Kattyely Araujo Sousa⁵.

Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), Araguaína, TO.

<http://lattes.cnpq.br/9541821421918119>

RESUMO: Grande parte dos estudos com plantas forrageiras são dedicados ao desenvolvimento e produção da parte aérea. No entanto, há que se considerar que a planta é resultado do conjunto parte aérea e sistema radicular, em uma estreita relação de dependência. Objetivou-se estudar as respostas de cultivares de *Urochloa spp.* sob efeito da adubação nitrogenada, na partição de massa seca da planta em parte aérea e raízes. O experimento foi conduzido em blocos casualizados em esquema fatorial 4x2, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em cultivares de forrageiras (Xaraés, Piatã, Mavuno e Marandu) e doses de nitrogênio (controle e 300 kg ha⁻¹ de N), parceladas em aplicações de 50 kg ha⁻¹ ciclo⁻¹. A proporção de MST da planta é afetada pela adição de nitrogênio, ocorrendo redução da MSR e elevação da MSPA. A relação parte aérea: raiz (RPAR) foi reduzida em todas as cultivares quando não empregada a adubação nitrogenada, indicando que em situação de escassez de nutriente, as forrageiras alocaram maior quantidade de carboidratos nas raízes.

PALAVRAS-CHAVE: Manejo. Parte aérea. Raízes.

DRY MASS PARTITION OF *Urochloa* CULTIVARS UNDER THE EFFECT OF NITROGEN FERTILIZATION

ABSTRACT: Most studies on forage plants are dedicated to the development and production of the aerial part. However, it is important to consider that the plant is the result of the aerial part and root system, in a close relationship of dependence. The objective of this study was to study the responses of *Urochloa* spp. cultivars under the effect of nitrogen fertilization, in the partition of plant dry mass into aerial part and roots. The experiment was conducted in randomized blocks in a 4x2 factorial scheme, with four replications. The treatments consisted of forage cultivars (Xaraés, Piatã, Mavuno and Marandu) and nitrogen doses (control and 300 kg ha⁻¹ of N), divided into applications of 50 kg ha⁻¹ cycle⁻¹. The proportion of MST of the plant is affected by the addition of nitrogen, resulting in a reduction of MSR and an increase of MSPA. The aerial part: root ratio (APR) was reduced in all cultivars when nitrogen fertilization was not used, indicating that in a situation of nutrient scarcity, the forage plants allocated a greater quantity of carbohydrates to the roots.

KEY-WORDS: Management. Aerial part. Roots.

ÁREA TEMÁTICA: Pecuária.

INTRODUÇÃO

A produtividade e perenidade do pasto decorrem de sua capacidade de reconstituição da área foliar removida por ocasião do corte ou pastejo, que em situações adversas ao crescimento do pasto, está condicionada a remobilização dos carboidratos de reserva alocados nas raízes. Fatores como condições de umidade e fertilidade do solo, temperatura, radiação solar, genética da planta e práticas de manejo da pastagem, interferem em maior ou menor capacidade de restauração da área foliar na rebrota do pasto (VIEIRA & MOCHEL FILHO, 2010).

O desenvolvimento e desempenho das forrageiras são regulados pela parte aérea e sistema radicular, em uma estreita relação de dependência, em que as raízes exercem função de suprimento de nutrientes e água, e a parte aérea de assimilados (CECATO et al., 2004).

A dinâmica de recuperação de tecidos foliares é fortemente influenciada pela taxa de absorção de nitrogênio pelas raízes (GASTAL & LEMAIRE, 2015), assim a deficiência desse nutriente pode resultar em desequilíbrios nutricionais como a redução na taxa de crescimento da parte aérea e sistema radicular, refletindo em prejuízos na produção (SANTOS, 1997).

Em solos arenosos, o manejo da adubação nitrogenada se torna ainda mais relevante, haja vista a menor fertilidade natural dos solos e a extração contínua de nutrientes pelo pastejo do animal (BEZERRA et al., 2017). Para esses ambientes, cultivares de *Urochloa spp.* são bem recomendadas, haja vista sua adaptação a ambientes diversos, como resultado da alta plasticidade fenotípica que apresentam (VERAS et al., 2020).

Os efeitos da adubação nitrogenada nas raízes ainda são pouco discutidos, limitado, entre outros fatores, pela dificuldade de quantificar raízes por envolver o uso de métodos complexos e dispendiosos, sendo mais comumente estudadas em vasos (CECATO et al., 2004; WANG et al., 2021), assim requer maior número de abordagens.

OBJETIVO

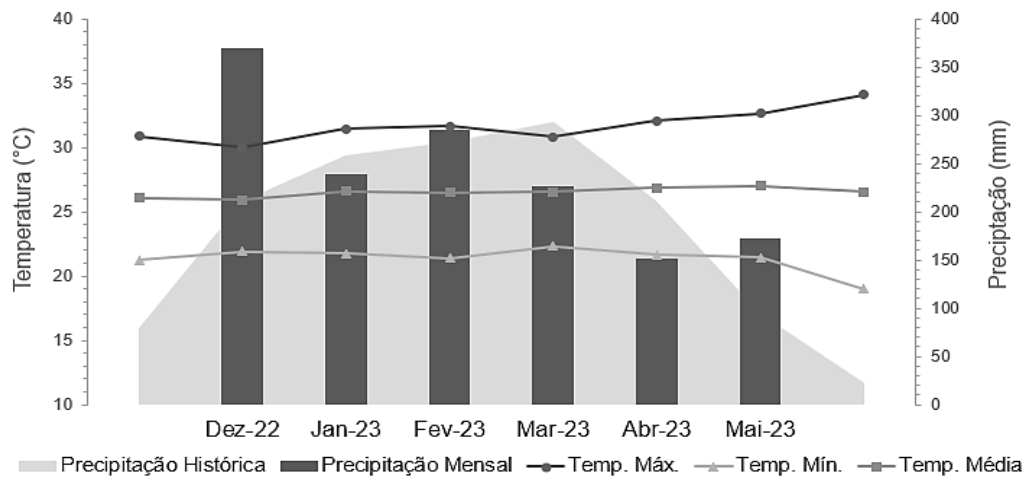
Buscou-se investigar as respostas de cultivares de *Urochloa spp.* sob efeito da adubação nitrogenada, na partição de massa seca da planta em parte aérea e raízes, em Neossolo Quartzarênico, durante estação chuvosa.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no Setor de Agrostologia do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), Centro de Araguaína (TO), com localização geográfica de 07°10'52"S, 48°20'04"W e 226,73 m de altitude, sobre Neossolo Quartzarênico Órtico típico (SANTOS et al., 2018).

O clima é classificado como Aw, clima tropical com estação seca de inverno e chuvas no verão, quente e úmido. A temperatura média anual é de 25°C, com mínima de 20,4°C e máxima de 32,4°C. As chuvas estão concentradas de outubro a abril, com média de precipitação pluviométrica anual acima de 1.700 mm e umidade relativa do ar de 77% (INMET, 2023). As condições climatológicas do período de condução do experimento estão ilustradas na figura 1.

Figura 1: Temperatura mensal máxima, média e mínima e precipitação mensal e mensal histórica (1991 a 2020) durante o período de condução do experimento.



Fonte: Adaptado de INMET/BPMEP.

O solo foi amostrado nas camadas de 0 à 0,2 m e 0,2 à 0,4 m (Tabela 1), com auxílio de trado tipo sonda, sendo coletadas oito amostras simples por blocos, que foram homogeneizadas, constituindo amostra composta de 500 g. Com base nos resultados, realizou-se a correção com 1.500 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico (12/2021).

Tabela 1: Análise química e física do solo para implementação do experimento.

Prof.	pH	MO	P	Ca	Mg	K	Al	H ⁺ Al	SB	CTC	M	V	Argila	Silte	Areia
m	CaCl ₂	g. kg ⁻¹	mg. dm ⁻³	-----cmolc.dm ⁻³ -----				-----		-----		-----%			
0-0,2	6,73	5,79	12,30	1,72	1,14	0,01	0,30	2,87	3,35	6,22	8,21	53,87	5,99	0,40	93,61
0,2-0,4	5,52	4,34	7,10	1,14	0,68	0,01	0,38	4,11	2,43	6,53	13,55	37,12	6,23	0,42	93,35

Prof.= profundidade; pH= Potencial Hidrogeniônico; MO= Matéria orgânica; P= Fósforo; K⁺= Potássio; Ca²⁺= Cálcio; Mg²⁺= Magnésio; Al³⁺= Alumínio; SB= Soma de Bases; CTC_{pH7}= Capacidade de troca catiônica; m= Saturação por alumínio; V= Saturação por base.

A semeadura foi realizada em linhas (02/2022), com auxílio de sulcador, a uma profundidade de 0,05 m, mantendo uma distância entre linhas de 0,40 m e buscando-se densidade de 400.000 plântulas ha⁻¹.

As adubações de estabelecimento iniciaram com 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅, via superfosfato simples, no momento da semeadura. Quando 60% da área apresentou-se coberta, 20 dias após emergência das plântulas, aplicou-se 50 kg ha⁻¹ de N utilizando ureia agrícola e 60 kg

ha⁻¹ de K₂O, via cloreto de potássio, os quais parcelados em três aplicações semanais.

As adubações de manutenção foram realizadas ao início do experimento (09/2023), representado pelo corte de uniformização, utilizando 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅, via superfosfato simples e 100 kg ha⁻¹ de K₂O, via cloreto de potássio, sendo este parcelado, com aplicação no início do período experimental e após três meses.

As observações do experimento iniciaram à partir do corte de uniformização, 10 meses após o plantio das forrageiras, durante o do período das águas da safra 2022/2023, com altura de resíduo de 0,20 m, mantido para os ciclos de rebrota posteriores, fixados em 28 dias.

Os tratamentos consistiram em cultivares de forrageiras (Xaraés, Piatã, Mavuno e Marandu) e doses de nitrogênio (controle e 300 kg de N), parceladas em aplicações de 50 kg ha⁻¹ ciclo⁻¹, resultando em seis ciclos de colheita.

Para as avaliações, foram realizadas duas coletas de raízes, as quais nos meses de janeiro e março do ano de 2023, que compreendem período de grande abundância hídrica, resultando em amostra composta representativa do período avaliado.

As raízes foram coletadas nas camadas 0-0,20 m, 0,20-0,40 m, 0,40-0,60 m, 0,60-0,80 m, 0,80-1,0 m e 1,0-1,2 m do perfil do solo, utilizando-se para a extração um trado tipo caneco (Ø100 mm com 1,57 dm³) posicionado a 0,05 m de distância da touceira. As amostras foram peneiradas em peneiras de malha de 2 mm e depositadas em sacos plásticos identificados e direcionadas para o laboratório, sendo então lavadas em água corrente de forma a retirar o substrato aderido às raízes, pesadas e postas em sacos de papel para secagem por 72 horas à 65°C em estufa, para obtenção da massa seca de raízes (MSR), com base nas médias das duas coletas (LEITE et al., 2019).

Ao final dos ciclos, coletou-se uma amostra de forragem por parcela, em áreas aleatórias, mantendo altura de corte de 0,20 m em relação ao nível do solo, utilizando-se como ferramenta uma estrutura metálica retangular com área de 0,5 m² e dimensão de 0,5 x 1,0 m. Após o corte, as amostras foram pesadas para determinação do peso úmido e em seguida, foram colocadas em sacos de papel e enviadas à estufa de secagem de ar forçado a 55°C por 72 horas (ZHAO et al., 2021). Os resultados de massa seca de parte aérea (MSPA) foram baseados de acordo com a média geral dos ciclos.

A massa seca total da planta (MST) foi determinada pela soma das rebrotas dos componentes aéreos (MSPA) e massa de raízes (MSR), trabalhando-se com as médias das amostras. A razão parte aérea/raiz foi calculada dividindo-se a massa seca total da parte aérea pela massa seca total do sistema radicular.

O experimento foi conduzido em blocos casualizados em esquema fatorial 4x2, com oito tratamentos e quatro repetições, resultando em 32 parcelas, as quais com 4 x 4 m (16 m²).

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias, realizada a análise de variância, e, posteriormente, os efeitos dos níveis dos fatores foram comparados pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o comando PROC MIXED do software SAS® Studio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias de produção de massa seca de raiz (MSR) e massa seca de parte aérea (MSPA), bem como massa seca total da planta (MST) e a razão parte aérea/raiz (RPAR), podem ser visualizadas na tabela 2. Efeito de interação entre os níveis dos fatores foram verificados apenas para a variável RPAR.

Tabela 2 - Produção de massa seca da parte aérea e de raiz e razão parte aérea/raiz das cultivares submetidas à adubação nitrogenada.

Parâmetros	Tratamentos							
	Xaraés		Piatã		Mavuno		Marandu	
	0	50	0	50	0	50	0	50
	(kg ha ⁻¹ ciclo ⁻¹ N)							
MSPA (kg ha ⁻¹) ^{ns}	3.125,0	4.612,0	2.963,4	4.331,2	3.202,4	4.485,9	3.167,5	4.206,7
MSR ² (kg ha ⁻¹) ^{ns}	3.093,2	2.437,7	3.398,7	2.946,9	3.487,0	2.775,8	3.487,2	3.511,9
MST ³ (kg ha ⁻¹) ^{ns}	6.218,2	7.049,7	6.362,1	7.278,1	6.689,4	7.261,7	6.654,7	7.718,6
RPAR*	1,01B	1,89A	0,87B	1,47A	0,92B	1,62A	0,91A	1,20 ^a

ns: não significativo. * significativo. Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na linha, diferem entre si estatisticamente pelo Teste de Tukey (p<0,05).

A adição de nitrogênio aumenta os índices da relação razão parte aérea/raiz (p=0,02), devido ao maior incremento da produção dos componentes foliares em detrimento das raízes, as quais sem adição de nitrogênio, tiveram suas massas elevadas. O crescimento e alocação de nutrientes das raízes pode ser elevado quando da baixa disponibilidade de nutrientes essenciais (SILVA & DELATORRE, 2009). Maior superfície específica e comprimento de raízes nas menores adubações, resulta da plasticidade fenotípica de adaptação das forrageiras em explorar maiores profundidade do perfil do solo em busca de nutrientes (PIMENTEL et al., 2016).

As cultivares Xaraés e Mavuno tiveram maiores médias para o parâmetro avaliado, quando adubadas. A cultivar Piatã, sem adubação, obteve menor média, porém se assemelhou as demais cultivares quando não adubadas, à exceção da Marandu, de valores semelhantes, independente da adubação. Com a administração de nitrogênio, a razão parte aérea/raiz foi elevada para as cultivares Xaraés (46,6%), Piatã (40,8%) e Mavuno (43,2%), com menor influência para a cultivar Marandu (24,2%).

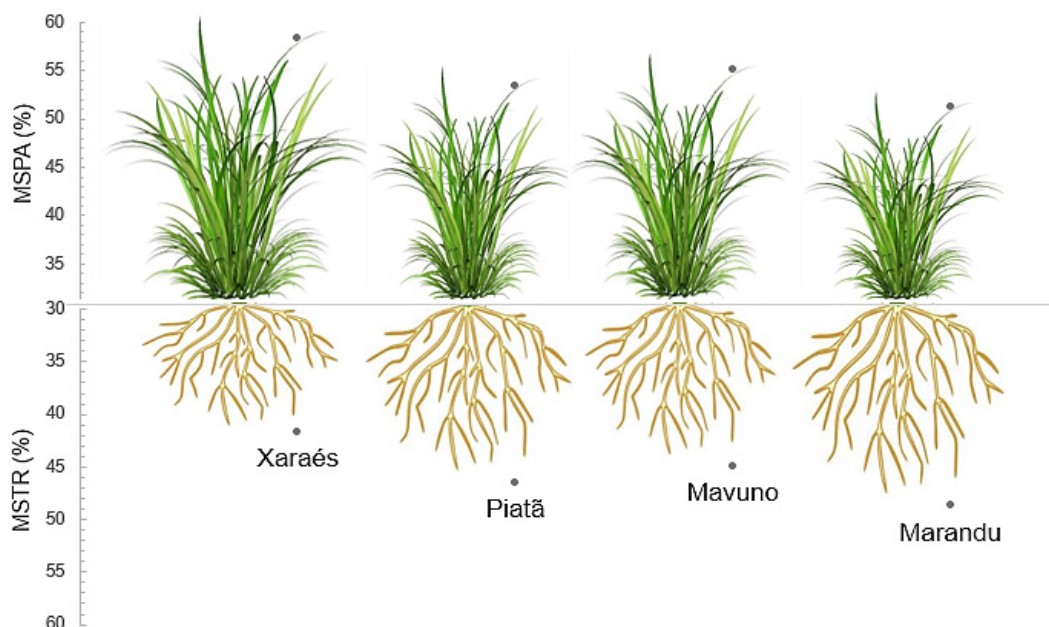
Esses dados sugerem que o capim Xaraés particiona seus nutrientes para a parte aérea em detrimento das raízes em condições ótimas de oferta hídrica e de nutrientes, situação semelhante ao do capim Mavuno e Piatã. No entanto, também indicam que o capim Marandu investe, sob condições experimentais favoráveis, simultaneamente em parte aérea e raízes, diminuindo a razão parte aérea:raiz.

Conduzindo estudo para caracterizar a variação temporal da fitomassa das cultivares Marandu e Xaraés, Detomini e Neto (2005) observaram maior habilidade da Xaraés em relação a Marandu para alocar carbono para a parte aérea, de modo que sugerem que o capim Xaraés é uma opção viável para uso em sistemas intensivos de produção, visando alta oferta de volumoso.

FORAGEIRAS DO GÊNERO *Urochloa* SÃO plantas de vasto sistema radicular, de crescimento rápido e contínuo, e são eficientes em promover estruturação do solo (SALTON & TOMAZI, 2014).

Relacionando a partição de massa seca total da planta (MST), resultado da adição entre a MSPA e a MSTR, têm-se que, plantas que tiveram maiores médias de produção de massa de forragem produziram quantidade menor de massa de raízes (Figura 2).

Figura 2: Proporção entre massa seca da parte aérea e massa seca de raízes dos capins Xaraés, Piatã, Mavuno e Marandu.



*Os pontos representados na figura, na cor cinza, referem-se às médias dadas em $\text{kg}^{-1} \text{ha}^{-1}$, para o período avaliado, para os componentes foliares (acima), que compreendem a massa seca da parte aérea, e para massa seca de raízes (abaixo), os quais representados em escala, proporcionalmente a composição da massa seca total das cultivares.

As cultivares Xaraés, Mavuno, Piatã e Marandu tiveram, respectivamente, 58,31%, 55,11%, 53,48% e 51,30% de produção de massa seca da parte aérea (MSPA), que envolvem todos os componentes foliares. As cultivares, nesta mesma sequência, tiveram 41,69%, 44,89%, 46,52% e 48,70% de produção de MSTR (figura 2). A soma da MSPA e MSTR demonstra o perfil de distribuição de massa seca da planta em função do manejo e condições edafoclimáticas do ambiente.

Conduzindo estudo para caracterizar a variação temporal da fitomassa das cultivares Marandu e Xaraés, Detomini & Dourado Neto (2005) observaram maior habilidade da Xaraés em relação a Marandu para alocar carbono para a parte aérea, de modo que sugerem que Xaraés é uma opção para uso em sistemas intensivos de produção, visando alta oferta de volumoso.

Em contrapartida, quando em condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento, os capins de menor estatura investem carboidratos de reserva nas raízes, o que favorece a rebrota em períodos adversos, como a exemplo do capim Marandu que obteve maior produção de raízes quando em período chuvoso, o que pode ser associado à sua plasticidade fenotípica, que condiciona maior crescimento radicular quando há disponibilidade hídrica, favorecendo rebrotas posteriores em períodos de estresse, conforme abordado por Pimentel et al. (2016).

Conduzindo estudo em pastos de capim Marandu pastejados por bovinos em lotação contínua, Lupinacci (2002), determinou maiores massas de raízes nos meses de setembro e outubro, fato atribuído a ausência de condições climáticas favoráveis ao crescimento da parte aérea da planta forrageira. Essa característica traduz uma das principais vantagens para a perenidade do capim Marandu, o que reflete na grande preferência deste para a implantação e reforma de pastagens em várias localidades do país.

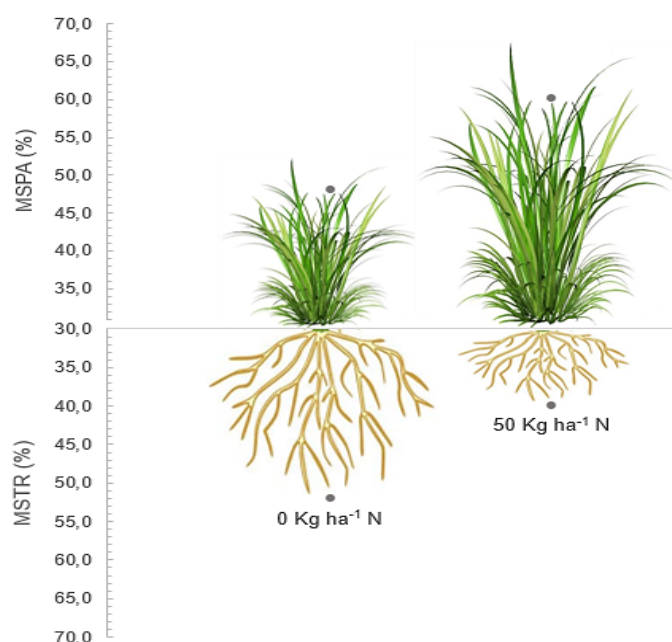
Partindo da mesma análise sobre partição de massa seca total da planta, no entanto sob efeito da adubação nitrogenada, observou-se que a parte aérea foi incrementada, fato contrário ao observado nas raízes (Figura 3), o que pode indicar que o fornecimento de nitrogênio foi investido em produção de biomassa dos componentes foliares do perfilho, e que na ausência de nitrogênio, a planta, que não investe tanto em biomassa de tecidos foliares, mantém mais carboidratos de reserva nos órgãos, principalmente raízes e também base dos colmos, o que influencia no rearranjo das características morfogênicas da planta (BEZERRA et al., 2020).

Esse efeito de redução da massa de raízes com o uso e/ou aumento das doses de nitrogênio vem sendo relatado na literatura (CUNHA et al., 2010; SARMENTO et al., 2008; GIACOMINI et al., 2005). Forrageiras submetidas a deficiência de nitrogênio, por razões não esclarecidas, acumulam açúcares nas folhas, e esses açúcares promovem a diferenciação, maturação e expansão celular do sistema radicular, e por consequência, as plantas aceleram o crescimento das raízes na busca pelos nutrientes limitantes (HERMANS et al., 2006), resultado que explica que a deficiência de nitrogênio pode afetar significativamente

a partição de biomassa total na planta.

As cultivares de *Urochloa*, de modo geral, possuem sistemas radiculares volumosos, que permitem boa exploração do perfil do solo. Possivelmente, a disponibilidade hídrica para o período de avaliação propiciou maior disponibilidade de nutrientes na solução do solo, mesmo para as parcelas não adubadas com nitrogênio. Além disso, quando prontamente há disponibilidade de N para a planta após a rebrota, ela não precisa retirar das suas reservas para reconstituição do dossel forrageiro.

Figura 3: Proporção entre massa seca da parte aérea e massa seca de raízes sob efeito da adubação nitrogenada.



*Os pontos representados na figura, na cor cinza, referem-se às médias dadas em kg⁻¹ ha⁻¹, para o período avaliado, para os componentes foliares (acima), que compreendem a parte aérea, e massa seca total de raízes (abaixo), os quais representados em escala, proporcionalmente a composição da massa seca total das cultivares.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O menor incremento em produção de massa seca de raízes com emprego da adubação nitrogenada, que conduziu a maior razão parte aérea: raiz, não deve ser analisado isoladamente, uma vez que, em parte, trata-se da plasticidade fenotípica das cultivares, que em condições favoráveis ao seu desenvolvimento, investem mais em biomassa da parte aérea, já que há maior disponibilidade hídrica e de nutrientes na solução do solo, não havendo maior necessidade de aprofundamento do sistema radicular, de modo que a partição de MST da planta é favorecida a maior proporção de MSPA em detrimento de MSR.

O menor sistema radicular verificado para a cultivar Xaraés, pode resultar em menor desempenho dessa cultivar em períodos de transição águas-seca e de seca, já que há menor aporte de carboidratos de reserva para reconstituição do dossel em período adverso ao crescimento.

Em contrapartida, quando em condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento, os capins de menor estatura investem em carboidratos de reserva nas raízes, o que favorece a rebrota em períodos adversos, como a exemplo do capim Marandu.

REFERÊNCIAS

BEZERRA, F.; LEITE, M. L.; LUCENA, L. R.; PEREIRA, J.; SILVA, M. J. Características agronômicas de *Urochloa mosambicensis* em função do nitrogênio e fósforo. **Agrarian Academy**, Goiânia, v. 4, n. 7, p. 92, 2017.

BEZERRA, J. D. do V.; NETO, J. V. E.; ALVES, D. J. da S.; NETA, I. E. B.; NETO, L. C. G.; SANTOS, R. da S.; DIFANTE, G. dos S. Características produtivas, morfogênicas e estruturais de cultivares de *Brachiaria brizantha* cultivadas em dois tipos de solo. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 7, 2020.

CECATO, U.; JOBIM, C. C.; REGO, A.; LENZI, A. Sistema radicular - componente esquecido das pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2, 2004, Viçosa. **Anais** [...]. Viçosa: UFG, 2004. p. 159-207.

CUNHA, F. F.; RAMOS, M. M.; ALENCAR, C. A. B.; MARTINS, C. E.; CÓSER, A. C.; OLIVEIRA, R. A. Sistema radicular de seis gramíneas irrigadas em diferentes adubações nitrogenadas e manejos. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 351-357, 2010.

DETOMINE, E. R.; NETO, D. D. Variação temporal da fitomassa seca relativa de *Brachiaria brizantha* cultivares Marandu e Xaraés, **Pasturas Tropicais**, Medellín, v. 27, n. 3, p. 13, 2005.

GASTAL, F.; LEMAIRE, G. Desfolha, plasticidade da parte aérea, estrutura do pasto e utilização de forragem em pastagem: Revisão dos processos ecofisiológicos subjacentes. **Agricultura**, Basel, v. 5, n. 4, p. 1146-1171, 2015.

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**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1109-1120, 2005.

HERMANS, C.; HAMMOND, J. P.; WHITE, P. J.; VERBRUGGEN, N. How do plants respond to nutrient shortage by biomass allocation? **Trends in Plant Science**, Cambridge, v. 11, n. 12, p. 610-617, 2006.

LEITE, R. da C.; SANTOS, A. C.; SANTOS, J. G. D. dos.; LEITE, R. da C.; OLIVEIRA, L. B. T. de;

HUNGRIA, M. Mitigation of Mombasa Grass (*Megathyrsus maximus*) Dependence on Nitrogen Fertilization as a Function of Inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 43, 2019.

LUPINACCI, A. V. **Reservas orgânicas, índice de área foliar e produção de forragem em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a intensidades de pastejo por bovinos de corte**. 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

PIMENTEL, R. M.; BAYÃO, G. F. V.; LELIS, D. L.; CARDOSO, A. J. da S.; SALDARRIAGA, F. V.; MELO, C. C. V.; SOUZA, F. B. M. de; PIMENTEL, A. C. de S.; FONSECA, D. M. da; SANTOS, M. E. R. Ecofisiologia de plantas forrageiras. **Pubvet**, Maringá, v. 10, n. 9, p. 636-720, 2016.

SALTON, J. C.; TOMAZI, M. **Sistema radicular de plantas e qualidade do solo**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2014. 6 p.

SANTOS, H. G. dos; [JACOMINE, P. K. T.](#); [ANJOS, L. H. C. dos](#); [OLIVEIRA, V. A. de](#); LUMBREAS, J. F.; COELHO, M. R.; [ALMEIDA, J. A. de](#); ARAUJO FILHO, J. C. de; [OLIVEIRA, J. B. de](#); CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p.

SARMENTO, P.; RODRIGUES, L. R. D. A.; LUGÃO, S. M. B.; CRUZ, M. C. P. D.; CAMPOS, F. P. D.; FERREIRA, M. E.; OLIVEIRA, R. F. D. Sistema radicular do *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio adubado com nitrogênio e submetido à lotação rotacionada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 27-34, 2008.

SILVA, A. A. da S.; DELATORRE, C. A. Alterações na arquitetura de raiz em resposta à disponibilidade de fósforo e nitrogênio, **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 8, n. 2, p. 152-163, 2009.

VERAS, E. L. L.; DIFANTE, G. S.; GURGEL, A. L. C.; COSTA, C. M.; EMERENCIANO NETO, J. V.; RODRIGUES, J. G.; COSTA, A. B. G.; PEREIRA, M. G.; ÍTAVO, L. C. V. Tillering capacity of *Brachiaria* cultivars in the Brazilian Semi-Arid region during the dry season. **Tropical Animal Science Journal**, Indonésia, v. 43, n. 2, 133-140, 2020.

VIEIRA, M. M. M.; [MOCHEL FILHO, W. J. E.](#) Influência dos fatores abióticos no fluxo de biomassa e na estrutura do dossel. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 59, p. 15-24, 2010.

WANG, [R.](#); [CAVAGNARO, T. R.](#); [JIANG, Y.](#); [KEITEL, C.](#); [DIJKSTRA, F. A.](#) Carbon allocation to the rhizosphere is affected by drought and nitrogen addition, **Journal of Ecology**, Londres, v. 109, p. 3699-3709, 2021.

ZHAO, G. Q.; WEI, S. N.; LIU, C.; KIM, H. J.; KIM, J. G. Effect of harvest dates on β -carotene content and forage quality of rye (*Secale cereale* L.) silage and hay. **Journal Of Animal Science and Technology**, Seul, v. 63, n. 2, p. 354-366, 2021.