

# Produção de biomassa em genótipos de capim-elefante e sorgo forrageiro sob restrição hídrica

Victor dos Santos Guimarães<sup>1</sup>, Jonas Paulino dos Santos<sup>2</sup>, Adriana Neutzling Bierhals<sup>3</sup>, Anderson Carlos Marafon<sup>4</sup>

**Resumo** - Tendo em vista que a deficiência hídrica é o principal fator condicionante do desempenho produtivo das culturas, há necessidade de definição de genótipos mais adaptados à carência de água no solo. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo determinar a produção de biomassa seca em genótipos de capim-elefante e sorgo forrageiro submetidos à supressão de água durante a fase de crescimento vegetativo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, sob condições controladas de umidade e temperatura, sendo avaliados três genótipos de capim-elefante (BRS Capiaçú, BRS Kurumi e clone Madeira) e dois de sorgo forrageiro (SF 15 e BRS 716). As plantas foram cultivadas durante 75 dias e submetidas à supressão de água durante 20 dias. Após este período, foram determinadas as produções de biomassa seca de folhas (BSF), biomassa seca de colmos (BSC), biomassa seca de raízes (BSR), a relação folha:colmo e a relação parte aérea: raízes de cada um dos genótipos. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco repetições. Os resultados obtidos foram comparados separadamente para cada genótipo. Também foram comparados entre si os valores obtidos para os cinco genótipos mantidos em condições ideais de umidade do solo (testemunhas). Na avaliação individual dos genótipos, observou-se que as produções de folhas (BSF) do capim-elefante BRS Kurumi e do sorgo forrageiro SF15 mantidos sob restrição de água foram valores inferiores às testemunhas. Os genótipos de capim-elefante BRS Capiaçú e Clone Madeira mantidos sob restrição hídrica apresentaram menores produções de colmos (BSC) e de raízes (BSR) em relação às suas respectivas testemunhas. Na comparação entre genótipos, mantidos sob condições ideais de umidade do solo, constatou-se que a BRS Capiaçú apresentou produção de colmos (BSC) superior, que as produções de folhas (BSF) dos genótipos de capim-elefante BRS Capiaçú e BRS Kurumi foram superiores e que os dois genótipos de sorgo (SF15 e BRS716) e o capim-elefante BRS Capiaçú apresentaram produções de raízes (BSR) superiores aos demais genótipos. A relação folha:colmo do capim-elefante BRS Kurumi foi superiores aos demais genótipos, devido ao seu porte baixo e grande quantidade de folhas. A relação parte aérea:raízes dos genótipos BRS Capiaçú e clone Madeira foram superiores aos demais genótipos, demonstrando o elevado potencial de conversão de matéria seca da parte aérea (colmos e folhas).

**Termos para indexação:** *Pennisetum purpureum*, *Sorghum bicolor*, crescimento, parte aérea, raízes, supressão de água.

## Introdução

Na maior parte das áreas tropicais do planeta, o déficit hídrico é o fator mais importante na determinação do crescimento e da produtividade das forrageiras, provocando uma estacionalidade de produção principalmente entre as estações de inverno e verão. Os efeitos dos fatores climáticos no crescimento e desenvolvimento, assim como a partição de carbono entre os órgãos, são importantes nas taxas de crescimento da cultura (Norman et al., 1995).

A deficiência hídrica é o principal fator condicionante do desempenho produtivo das culturas, por isso, os programas de melhoramento genético buscam características como: maior eficiência no uso da água, sistema radicular mais robusto, maior atividade do sistema antioxidativo e alta capacidade de ajustamento osmótico. Os três mecanismos fisiológicos relacionados à seca são: resistência, tolerância e escape. O escape acontece por meio de um sistema radicular profundo e ramificado, o qual é eficiente na extração de água do solo. Já a tolerância está relacionada ao nível bioquímico, quando a planta diminui o seu metabolismo e tem a capacidade de recuperação quando o estresse é interrompido (Magalhães et al., 2014). Com a deficiência hídrica no solo ocorre o fechamento dos estômatos e as trocas gasosas (água e CO<sub>2</sub>) são limitadas, mesmo assim alguns genótipos tolerantes à seca podem desenvolver mecanismos de controle estomático que permitem o uso eficiente da água com os estômatos semiabertos, sem paralisar a fotossíntese e sem grandes perdas de água (Mutava et al., 2011). De acordo com Cavatte et al. (2011), os programas de melhoramento genético para condições de estresse hídrico devem focar, principalmente, as seguintes características: maior eficiência no uso da água, sistema radicular mais robusto, maior atividade do sistema antioxidativo e de ajustamento osmótico.

Gramíneas forrageiras como o capim-elefante e o sorgo são tradicionalmente utilizadas para fins de alimentação animal, mas também podem ser consideradas alternativas sustentáveis para a produção de biomassa energética, visto que, por tratar-se de fontes renováveis, podem prevenir a extração de madeira em florestas nativas sendo capazes de atender propósitos energéticos, tais como a

<sup>1</sup> Graduando em Agronomia, estagiário da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Unidade de Execução de Pesquisa de Rio Largo (UEP-Rio Largo), Rio Largo, AL.

<sup>2</sup> Graduando em Agronomia, estagiário da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Unidade de Execução de Pesquisa de Rio Largo (UEP-Rio Largo), Rio Largo, AL.

<sup>3</sup> Bióloga, doutoranda em Proteção de Plantas, bolsista da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Unidade de Execução de Pesquisa de Rio Largo (UEP-Rio Largo), Rio Largo, AL.

<sup>4</sup> Engenheiro-agrônomo, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Unidade de Execução de Pesquisa de Rio Largo (UEP-Rio Largo), Rio Largo, AL.

produção de energia térmica, elétrica e/ou mecânica. Esta alternativa torna-se mais sustentável quando as culturas dedicadas à produção de energia ocupam áreas agrícolas onde a produção de alimentos seria pouco viável, as chamadas áreas marginais, e quando se escolhe fontes de biomassa que possam oferecer algum ganho energético sem competir com a produção de alimentos. Dentre estas gramíneas o capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e o sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] são duas espécies altamente promissoras, tendo em vista o seu elevado potencial de produção de biomassa (Samson et al., 2005).

O capim-elefante é uma das gramíneas mais importantes e difundidas em todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo. É originária da África, com ocorrência natural em vários países, desde a Guiné, no oeste, até Angola e Zimbábue, no sul, e Moçambique e Kenia, no leste africano, todos eles com regimes de pluviosidade superiores a 1000 mm ano<sup>-1</sup> (Brunken, 1977). A espécie pertence à família *Poaceae*, subfamília *Panicoideae*, que compreende mais de 200 variedades e/ou ecotipos. Entre as principais cultivares introduzidas podem ser citadas: Napier, Cameroon, Roxo, Mercker, Anão, Vrukwna, Taiwan A-146, Taiwan A-144, Merkeron, Porto Rico, Cubano e alguns híbridos triploides e hexaplóides (Pereira; Léo, 2008). Trata-se de uma gramínea perene de ciclo curto propagada vegetativamente, que apresenta alto índice de perfilhamento, rápido crescimento, elevada eficiência fotossintética (metabolismo C4) e acúmulo de matéria seca (40 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>-45 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>). Além disso, possui alta capacidade de rebrota e retranslocação de nutrientes das raízes no final do ciclo vegetativo anual, sendo capaz de otimizar o uso da água do solo e da energia solar para garantir a rebrota (Samson et al., 2005).

O sorgo (*S. bicolor*) é uma planta C4 originária do continente africano, que apresenta propagação por sementes, ciclo longo (180 dias) e elevada capacidade de produção de biomassa. Existem diversos tipos agronômicos de sorgo como: granífero, sacarino, forrageiro e biomassa ou lignocelulósico. O sorgo biomassa tem potencial para queima em caldeiras de usinas de grande porte (termelétricas) ou para a produção de bioetanol (Borém et al., 2014).

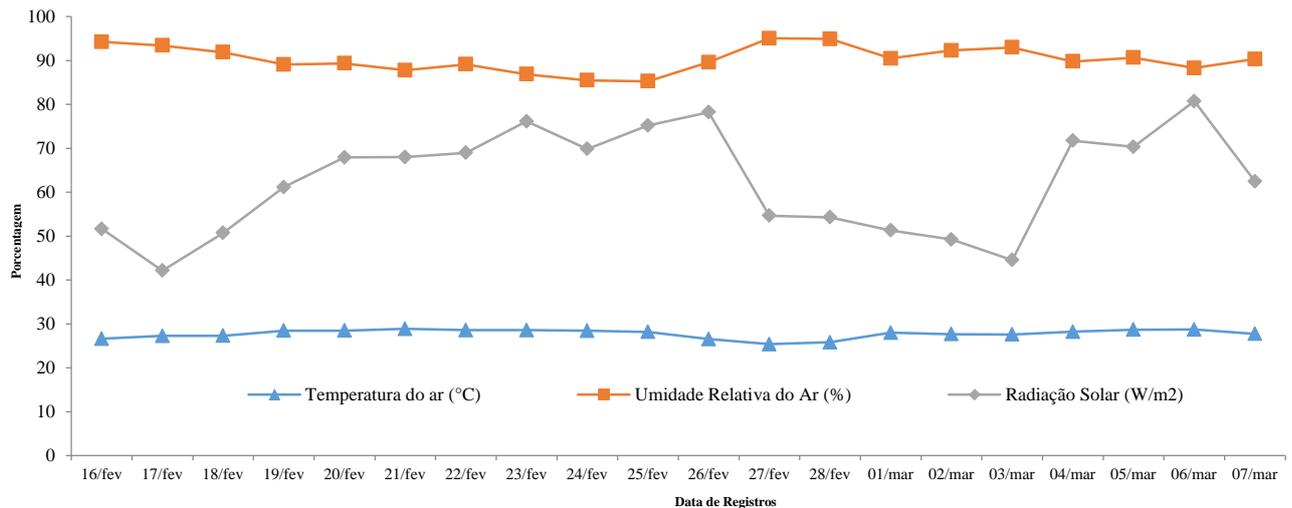
Na maior parte das áreas tropicais do planeta, o déficit hídrico é o fator mais importante na determinação do crescimento e da produtividade das forrageiras, provocando uma estacionalidade de produção principalmente entre as estações de inverno e verão. Os efeitos dos fatores climáticos no crescimento e desenvolvimento, assim como a partição de carbono entre os órgãos, são importantes nas taxas de crescimento da cultura (Norman et al., 1995).

Levando-se em conta a necessidade de definição de genótipos mais adaptados à carência de água no solo em regiões com épocas de baixos índices pluviométricos, este trabalho teve por objetivo determinar a produção de biomassa em genótipos de capim-elefante e sorgo forrageiro mantidos em condições de deficiência hídrica durante a fase de crescimento vegetativo.

## Metodologia

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com condições controladas de temperatura e umidade relativa do ar, na Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento de Rio Largo da Embrapa Tabuleiros Costeiros, situada no município de Rio Largo, estado de Alagoas, cujas coordenadas geográficas são: Latitude 09°28'02'', Longitude 35°49'38'' e altitude de 130 m.

Foram avaliados cinco genótipos de gramíneas forrageiras, sendo três de capim-elefante (BRS Capiaçú, BRS Kurumi e clone Madeira) e dois de sorgo forrageiro (SF 15 e BRS 716). As plantas foram cultivadas durante 75 dias, sendo então submetidas aos tratamentos: (1) Testemunha (condições ideais de umidade) e (2) Supressão de água durante 20 dias. As médias diárias observadas no período de avaliação, dos 75 aos 95 dias após o plantio (DAP) foram de 27,8° para temperatura, 90,4% para umidade relativa do ar e de 62,5 W/m<sup>2</sup> (watts por metro quadrado) para a radiação solar incidente (Figura 1).



**Figura 1.** Médias de radiação solar, temperatura e umidade relativa do ar durante o período experimental.

As plantas foram cultivadas em bombonas plásticas com capacidade para 100 litros contendo substrato composto por areia, terra e torta e filtro (proporção de 1:1:1). As características físico-químicas do substrato são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Análise físico-química do substrato utilizado no experimento em casa de vegetação.

Rio Largo, AL, 2018.

Granulometria			mg dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		%			
Areia	Silte	Argila	K	P	Ca	Mg	T <sup>(1)</sup>	M <sup>(2)</sup>	V <sup>(3)</sup>	MO <sup>(4)</sup>
75	5	20	261	1234	5,24	1,47	8,8%	0,82	81,9	3,58

T<sup>(1)</sup> = capacidade de troca de cátions, M<sup>(2)</sup> = índice de saturação de alumínio, V<sup>(3)</sup> = saturação por bases e MO<sup>(4)</sup> = matéria orgânica.

Após o período de restrição hídrica (75 aos 95 DAC) foram determinadas cinco variáveis-resposta: biomassa seca de folhas (BSF), biomassa seca de colmos (BSC), biomassa seca de raízes (BSR), relação folha: colmo e relação parte aérea: raízes. Foi efetuado o corte e a separação da parte aérea (folhas e colmos) de cada genótipo para secagem do material em estufa por 48h a 105 °C, sendo determinadas a BSF e a BSC. Para determinação da BSR, o substrato foi removido, efetuando-se a separação e a lavagem do sistema radicular de cada planta, mediante secagem do material em estufa (48h a 105 °C). A partir dos valores de BSC, BSF e BSR obtidos foram calculadas as relações folha: colmo e parte aérea: raízes.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco repetições. As variáveis-resposta foram comparadas para cada genótipo, separadamente. Também foram comparados os valores obtidos para os cinco genótipos mantidos em condições ideais de umidade do solo (testemunhas).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise da variância e as médias comparadas pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade ( $\rho \leq 0,05$ ), através do programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2011).

## Resultados e Discussão

Foram observadas diferenças significativas ( $\rho \leq 0,05$ ) para os valores de biomassa seca de colmos (BSC), de folhas (BSF) e de raízes (BSR) em resposta das plantas à supressão de água, na avaliação de cada um dos genótipos separadamente. Para a BSF, os genótipos BRS Kurumi e Sorgo SF15 mantidos sob restrição apresentaram valores inferiores à testemunha. Para os valores de BSC e BSR, os genótipos de capim-elefante BRS Capiaguá e Clone Madeira apresentaram valores inferiores nas plantas mantidas com supressão hídrica quando comparados às suas respectivas testemunhas, mantidas sob condições ideais de umidade do solo (Tabela 2).

**Tabela 2.** Produção de biomassa seca de colmos (BSC), folhas (BSF) e raízes (BSR) e relações folha: colmo e parte aérea:raízes em genótipos de capim-elefante e sorgo forrageiro submetidos à supressão de água durante 20 dias. Rio Largo, AL, 2018.

Genótipo	Tratamento	BSC	BSF	BSR	Relação Folha:Colmo	Relação PA:Raízes
		g planta <sup>-1</sup>				
Capim-elefante BRS Capiáçu	Testemunha	408,5 a	219,8 a	54,0 a	0,54 a	11,65 a
	Supressão	307,7 b	193,0 a	43,1 b	0,63 a	11,61 a
Capim-elefante BRS Kurumi	Testemunha	278,4 a	227,7 a	60,1 a	0,82 a	8,42 a
	Supressão	245,8 a	188,5 b	58,5 a	0,77 a	7,42 a
Capim-elefante Clone Madeira	Testemunha	363,0 a	180,0 a	42,1 a	0,50 a	12,90 a
	Supressão	289,9 b	156,9 a	31,1 b	0,54 a	14,37 a
Sorgo Forrageiro BRS 716	Testemunha	285,3 a	131,4 a	56,7 a	0,46 a	7,35 a
	Supressão	270,0 a	116,5 a	56,8 a	0,43 a	6,81 a
Sorgo Forrageiro SF 15	Testemunha	231,6 a	147,4 a	68,3 a	0,64 a	5,55 a
	Supressão	229,7 a	120,6 b	62,4 a	0,53 a	5,61 a

Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna, para cada genótipo, diferem entre si pelo Teste de Skott Knott a 5% de probabilidade.

As reduções significativas nas produções de BSC e de BSR no capim-elefante BRS Capiáçu e do Clone Madeira em função da restrição hídrica demonstram que os dois genótipos são afetados pela falta de água durante esta fase de crescimento. De acordo com Santos et al. (2011), o capim-elefante tolera curtos períodos de seca, embora sua produção seja reduzida ou nula quando prevalece o déficit hídrico, mas apresenta capacidade de recuperação logo após o início das chuvas. Quando submetidas às condições de deficiência hídrica, as plantas de capim-elefante apresentam alterações para prevenir e tolerar a perda de água. De maneira geral, todos os aspectos ligados ao crescimento da planta são afetados pelo estresse hídrico, dentre eles: diminuição da expansão foliar, redução na altura, aceleração na taxa de senescência foliar, inibição do perfilhamento e aceleração da morte dos perfilhos estabelecidos, bem como o atraso no crescimento das plantas (Barreto et al., 2001).

A produção de BSF sofre redução significativa na BRS Kurumi e no Sorgo SF15 Madeira em função da restrição hídrica. Para se adaptarem às condições de déficit hídrico, algumas plantas adotam a estratégia de redução da parte aérea em favor das raízes, limitando sua capacidade de competir por luz, pela diminuição da área foliar, com conseqüente redução na produtividade (Nabinger, 1997), aceleração na taxa de senescência foliar, inibição do perfilhamento e ramificações e a aceleração da morte dos perfilhos estabelecidos, bem como atraso no seu crescimento e desenvolvimento (Buxton; Fales, 1994).

A adaptação das plantas ao déficit hídrico é um mecanismo muito complexo envolvendo interação entre genótipo e respostas de tolerância da planta a seca. Geralmente, no início do déficit, a planta passa por um período de aclimação em que são observadas alterações metabólicas e morfológicas para prevenir danos aos tecidos. A avaliação das alterações morfológicas e fisiológicas em função do déficit hídrico podem indicar mecanismos de tolerância à seca. A assimilação do carbono, a alocação de carbono a órgãos não fotossintetizantes, a produção de osmorreguladores, além de outros mecanismos morfo-fisiológicos, são alterados pelo em plantas sob déficit hídrico (Chaves et al., 2002).

Na comparação entre os cinco genótipos mantidos sob condições ideais de umidade do solo, foram verificadas diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) para todas as variáveis avaliadas. O capim-elefante BRS Capiáçu apresentou BSC superior aos demais genótipos. Os genótipos de capim-elefante BRS Capiáçu e BRS Kurumi apresentaram valores de BSF superiores aos demais e os genótipos de sorgo (SF15 e BRS 716) e o capim-elefante BRS Capiáçu apresentaram valores de BSR superiores aos demais. A relação folha:colmo do capim-elefante BRS Kurumi foi superior aos demais. Quanto à relação parte aérea: raízes os genótipos BRS Capiáçu e clone Madeira foram os que apresentaram valores significativamente superiores aos demais (Tabela 3).

**Tabela 3.** Produção de biomassa seca de colmos (BSC), folhas (BSF) e raízes (BSR) e relações folha: colmo e parte aérea: raízes em genótipos de capim-elefante e sorgo forrageiro aos 95 dias após o plantio (DAP). Rio Largo, AL, 2018.

Genótipo	BSC	BSF	BSR	Relação Folha:Colmo	Relação PA:Raízes
	g planta <sup>-1</sup>				
Capim-elefante BRS Capiáçu	408,5 a	219,8 a	54,0 a	0,54 b	11,6 a
Capim-elefante BRS Kurumi	278,4 c	227,7 a	60,1 a	0,82 a	8,4 b
Capim-elefante Clone Madeira	363,0 b	180,0 b	42,1 b	0,50 b	12,9 a
Sorgo Forrageiro BRS 716	285,3 c	131,4 c	56,7 a	0,46 b	7,3 b
Sorgo Forrageiro SF 15	231,6 c	147,4 c	68,3 a	0,64 b	5,6 b

Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo Teste de Skott Knott a 5% de probabilidade.

A maior relação folha:colmo do capim-elefante BRS Kurumi se deve ao porte baixo deste genótipo, que apresenta entrenós curtos e grande quantidade de folhas. Já a maior relação parte aérea:raízes dos genótipos BRS Capiáçu e clone Madeira deve-se ao seu porte elevado (altura), com entrenós longos e maior quantidade de colmos em relação às folhas.

Quando cultivado com disponibilidade hídrica satisfatória e manejado intensivamente, o capim-elefante pode apresentar produções diárias superiores a 125 kg ha<sup>-1</sup> de matéria seca e atingir até 6 metros de altura após 6 meses de cultivo, mantendo rebrotas viáveis e produtividade elevada (Paciullo et al., 2003).

O capim-elefante tolera curtos períodos de seca e tem sua produção reduzida ou nula quando prevalece o déficit hídrico, mas apresenta capacidade de recuperação logo após o início das chuvas. Cabe ressaltar que, mesmo sendo menos produtivo em termos de acúmulo de biomassa na parte aérea, os genótipos de sorgo apresentam considerável tolerância contra a supressão hídrica. Magalhães et al. (2014) afirmaram que a tolerância diferenciada ao estresse hídrico apresentada pelo sorgo é conferida pelo seu sistema radicular e extenso e por características foliares de plantas xerófitas, que atrasam a perda de água permitindo o uso mais eficiente deste recurso. No semiárido brasileiro, o sorgo é utilizado como cultura principal, em razão da irregularidade no regime de chuvas, com período curto e distribuição irregular no espaço e no tempo, caracterizado, ainda no período chuvoso, por ocorrência de veranicos, com 15 a 20 dias de duração (Barros et al., 2004).

Os mecanismos que conduzem a tolerância à seca podem ser divididos em dois grupos principais: 1) mecanismo de fuga: quando a planta evita a falta de água nos tecidos durante a seca por meio da manutenção do turgor e do volume celular, tanto pela absorção de água por um sistema radicular abundante ou pela redução da sua perda por transpiração ou por vias não estomáticas como as cutículas das folhas; e 2) mecanismo de tolerância, na qual a planta mantém o metabolismo, mesmo sob baixos potenciais de água no

solo, devido principalmente ao ajuste osmótico (AO) e à capacidade antioxidante. O ajuste osmótico resulta no acúmulo de solutos compatíveis ou osmólitos dentro da célula, reduzindo o potencial osmótico e auxiliando na manutenção do turgor na medida em que a planta experimenta o déficit hídrico. O AO é considerado uma característica importante que contribui para reduzir os efeitos da seca sobre a produtividade em diversas culturas. A capacidade antioxidante, por sua vez, resulta da habilidade das plantas em desintoxicar espécies reativas de oxigênio (ROS), as quais causam injúrias celulares como a peroxidação de lipídeos e proteínas e/ou modificações em ácidos nucleicos (Verslues et al., 2006).

## Conclusões

Na comparação entre genótipos, na avaliação individual dos genótipos mantidos sob condições ideais de umidade do solo:

- (1) As produções de folhas (BSF) do capim-elefante BRS Kurumi e do sorgo forrageiro SF15 após o período de restrição de água são inferiores às suas respectivas testemunhas.
- (2) Os genótipos de capim-elefante BRS Capiacu e Clone Madeira mantidos sob restrição hídrica durante 20 dias apresentam produções de colmos (BSC) e de raízes (BSR) inferiores em relação às suas respectivas testemunhas.

Na comparação entre genótipos mantidos sob condições ideais de umidade do solo:

- (1) O capim-elefante BRS Capiacu apresenta maior produção de colmos (BSC) e os genótipos BRS Kurumi e BRS Capiacu apresentam maiores produções de folhas (BSF) em relação aos demais materiais.
- (2) Os dois genótipos de sorgo (SF15 e BRS716) e o capim-elefante BRS Capiacu apresentam maiores produções de raízes (BSR) superiores aos demais materiais avaliados.
- (3) A relação folha: colmo do capim-elefante BRS Kurumi e a relação parte aérea: raízes dos genótipos BRS Capiacu e do clone Madeira são superiores aos demais genótipos.

## Referências

- BARRETO, G. P.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. Avaliação de clones de capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e de um híbrido com o milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) submetidos ao estresse hídrico. 1. Parâmetros Morfológicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 1, p. 1-6, 2001.
- BARROS, A. H. C. Zoneamento de Risco Climático para o Sorgo no Estado de Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBMET, 2004. 1 CD-ROM.
- BORÉM, A.; PIMENTEL, L.; PARRELLA, R. **Sorgo do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2014. 275 p.
- BRUNKEN, J. N. A systematic study of *Pennisetum* Sect. *Pennisetum* (Gramineae). **American Journal of Botany**, v. 64, n. 2, p. 161-176, 1977.
- BUXTON, D. R.; FALES, S. L. Plant environment and quality. In: FAHEY JUNIOR, G. C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p. 155-199.
- CAVATTE, P. C.; MARTINS, S. C. V.; MORAIS, L. E.; SILVA, P. E. M.; SOUZA, L. T.; MATTA, F. M. da. A fisiologia dos estresses abióticos. In: FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011, 250 p.
- CHAVES, M. M.; PEREIRA, J. S.; MAROCO, J.; RODRIGUES, M. L.; RICARDO, C. P. P.; OSÓRIO, M. L.; CARVALHO, I.; FARIA, T.; PINHEIRO, C. How plants cope with water stress in the field? Photosynthesis and growth. **Annals of Botany**, v. 89, p. 907-916, 2002.
- FERREIRA, D. F.; SISVAR: A Computer Statistical Analysis System. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- MAGALHÃES, P. C.; SOUXA, T. C.; MAY, A.; LIMA FILHO, O. F.; SANTOS, F. C.; MOREIRA, J. A. A.; LEITE, C. E. P.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; FREITAS, R. S. Exigências edafoclimáticas e fisiologia da produção. In: BORÉM, A.; PIMENTEL, L.; PARRELLA, R. **Sorgo do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2014. p. 59-88.

MARAFON, A. C.; SANTIAGO, A. D.; CAMARA, T. M. M.; RANGEL, J. H. A.; AMARAL, A. F. C.; LÉDO, F. J. S.; BIERHALS, A. N.; PAIVA, H. L. **Potencial produtivo e qualidade da biomassa de capim-elefante para fins energéticos**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2014. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica, 68).

MUTAVA, R. N.; PRASAD, P. V. V.; TUINSTRA, M. R.; KOFOID, K. D.; YU, J. Characterization of sorghum genotypes for traits related to drought tolerance. **Field Crops Research**, v. 123, p. 10-18, 2011.

NORMAN, M. J. T.; PEARSON, C. J.; SEARLE, P. G. E. **The ecology of tropical food crops**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 430 p.

PACIULLO, D. S. C.; DERESZ, F.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; VERNEQUE, R. S. Morfogênese e acúmulo de biomassa foliar em pastagem de capim-elefante avaliada em diferentes épocas do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 7, p. 881-887, jul. 2003.

PEREIRA, A.V.; LÉDO, F. J. S. Melhoramento genético de Pennisetum purpureum. In: RESENDE, R. M. S.; VALLE, C. B. do; JANK, L. **Melhoramento de Forrageiras Tropicais**. Campo Grande,: Embrapa Gado de Corte, 2008. p. 89-116.

SAMSON, R.; MANI, S.; BODDEY, R.; SOKHANSANJ, S.; QUESADA, D.; URQUIAGA, S.; REIS, V.; HOLEM, C. The potential of C4 perennial grasses for developing a global BIOHEAT industry. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 24, p. 461-495, 2005.

SANTOS, M. C. S.; LIRA, M. A.; TABOSA, J. N.; MELLO, A. C. L.; SANTOS, M. V. F. Comportamento de clones de Pennisetum submetidos a períodos de restrição hídrica controlada. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, p. 31-39, 2011.

VERSLUES, P. E.; AGARWAI, M.; KATIYAR-AGARWAI, S. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. **Plant Journal**, v. 46, p. 523-539, 2006.