

Aracaju, SE
Dezembro, 2014

Autores

Anderson Carlos MarafonEngenheiro-agrônomo,
doutor em Fisiologia Vegetal,
pesquisador da Unidade de
Execução de Pesquisa e
Desenvolvimento da Embrapa
Tabuleiros Costeiros, Rio
Largo, AL**Antônio Dias Santiago**Engenheiro-agrônomo, doutor
em Agricultura, pesquisador
da Unidade de Execução de
Pesquisa e Desenvolvimento
da Embrapa Tabuleiros
Costeiros, Rio Largo, AL**Tassiano Maxwell M. Câmara**Engenheiro-agrônomo, doutor
em Genética e Melhoramento,
da Unidade de Execução de
Pesquisa e Desenvolvimento
da Embrapa Tabuleiros
Costeiros**José Henrique de A. Rangel**Engenheiro-agrônomo, doutor
em Agricultura Tropical,
pesquisador da Embrapa
Tabuleiros Costeiros, Aracaju,
SE**André Felipe Câmara Amaral**Químico, mestre em
Química Orgânica, analista
da Embrapa Tabuleiros
Costeiros, Rio Largo, AL**Francisco José da Silva Léo**Engenheiro-agrônomo, doutor
em Genética e Melhoramento,
pesquisador Embrapa Gado
de Leite, Juiz de Fora, MG**Adriana Neutzling Bierhals**Ecóloga, bolsista da Embrapa
Tabuleiros Costeiros, Rio
Largo, AL**Hugo Leôncio Paiva**Estudante de Agronomia,
bolsista da Embrapa
Tabuleiros Costeiros, Rio
Largo, AL

Potencial Produtivo e Qualidade da Biomassa de Capim-elefante para fins Energéticos

Foto: Anderson Carlos Marafon



Introdução

Com a atual perspectiva de esgotamento das reservas de fontes energéticas de origem fóssil, a utilização da biomassa como insumo alternativo vem ganhando importância no desenvolvimento de alternativas para uma matriz energética sustentável. São várias formas de energia que podem ser obtidas a partir da biomassa lignocelulósica. Seus principais usos são a produção de energia

térmica (carvão vegetal, lenha, resíduos agroflorestais), de energia mecânica (etanol e biodiesel) e de energia elétrica (combustão direta, gaseificação, queima de gases) (LÉDO; MACHADO, 2014).

A queima da biomassa para a obtenção de energia elétrica, principalmente de forrageiras e de resíduos agroindustriais como o bagaço de cana e a casca de arroz, é um dos processos mais promissores para suprir a demanda em sistemas isolados, pois possibilita uma conversão eficiente utilizando recursos locais, representando uma alternativa à utilização do diesel como fonte energética em grupos geradores de eletricidade nos mais diversos setores da indústria e a provável alta na demanda por biomassa. Além disso, o processo de densificação da biomassa na forma de briquetes ou pellets pode aumentar a eficiência da gaseificação por proporcionar formas e granulometrias mais adequadas ao processo térmico (VILELA, 2014).

A produção de material energético através da biomassa vegetal representa hoje uma grande possibilidade de suprimento da demanda energética nacional. Representando atualmente quase 10% da matriz brasileira de produção de energia elétrica, a biomassa é uma das fontes com maior potencial de crescimento nos próximos anos. Esta produção se dá majoritariamente pelo processo de cogeração a partir da queima do bagaço da cana-de-açúcar em turbinas a vapor (ANEEL, 2008).

A cogeração de energia é de grande interesse na indústria brasileira,

principalmente na agroindústria canavieira, que passa grande parte do ano com toda sua estrutura inoperante. Com a valorização do preço da energia elétrica e o aumento da demanda pelo bagaço, outras fontes de matéria-prima começam a ganhar importância no cenário energético nacional, dentre elas algumas gramíneas forrageiras como o sorgo biomassa e o capim-elefante.

Dentre as espécies tropicais exóticas cultivadas para a produção de biomassa, o capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), conhecido em outros países como *Elephant grass* ou *Napier Grass*, é uma das que apresentam maior potencial, por ser altamente eficiente na fixação de CO₂ atmosférico. Em razão da sua alta eficiência fotossintética (metabolismo C4), a espécie apresenta grande capacidade de acumulação de matéria seca, uma característica típica de gramíneas tropicais que crescem e se estabelecem rapidamente e que são capazes de otimizar o uso da água do solo e da energia solar para produção de biomassa vegetal (SAMSON et al., 2005).

De acordo com Hanna et al. (2004), o capim-elefante é a gramínea com maior potencial de produção de biomassa por unidade de tempo, pois apresenta ciclo de crescimento curto (entre 5 e 7 meses), com rápida expansão da área foliar nos primeiros meses após o plantio ou corte. As plantas podem atingir mais de 6 metros de altura e crescem melhor em locais com precipitação superior aos 1000 mm anuais e temperaturas de 30 a 35°C (FERRARIS, 1978). Esse alto potencial de produção de biomassa resulta da combinação de diversos fatores, tais como: eficiência na interceptação da luz solar, eficiência

fotossintética, capacidade de rebrotar e perfilhar, armazenamento de carboidratos de reserva, absorção de nutrientes e eficiência no uso da água (DUBEUX JUNIOR; MELLO, 2010).

Além do seu tradicional uso forrageiro, o capim-elefante tem sido apontado como alternativa sustentável de biomassa para utilização como insumo energético, sobretudo, em função da sua alta eficiência fotossintética e da elevada relação C:N (ANDERSON et al., 2008). Além disso, proporciona múltiplas colheitas anuais, pois apresenta ciclo curto (5-7 meses) e possui características qualitativas favoráveis como elevado percentual de fibras e lignina e alto poder calorífico (QUESADA et al., 2004).

O uso do capim-elefante para produção de biomassa energética renovável, visando sua transformação em carvão vegetal e matéria seca para uso em caldeiras pode promover um aumento significativo da área cultivada com esta espécie. Assim, o melhoramento genético do capim-elefante deverá considerar o uso de novos critérios de seleção diferentes daqueles empregados para a obtenção de cultivares forrageiras (PEREIRA; LEDO, 2008).

A espécie *P. purpureum* é uma gramínea perene de ciclo curto e, compreende mais de 200 variedades e/ou ecotipos. Por este motivo, ensaios de desempenho produtivo para identificar genótipos mais adaptados às diferentes condições edafoclimáticas prevalentes em cada região são de grande importância na adoção de cultivares (FREITAS et al., 2010; ZANETTI, 2010). O potencial de rendimento médio de matéria seca de variedades como Gramafante, Cameroon, BAG, Guaçu e CNPGL 91F06-3 pode superar 40 toneladas anuais por hectare, o que corresponde ao dobro da biomassa média produzida pela cultura do Eucalipto (MORAIS et al., 2007).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção e a qualidade da biomassa lignocelulósica em genótipos de capim-elefante (*Pennisetum* sp.) e de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.), cultivados com fins energéticos, nas condições edafoclimáticas da Zona da Mata do Estado de Alagoas.

Material e Métodos

O experimento foi implantado em julho de 2013, em área pertencente à Usina Sumáuma, situada no município alagoano de Marechal Deodoro. A precipitação anual média da região é de 1500 mm, concentrada no período de maio a setembro, e a temperatura média do ar fica em torno de 28°C (BARROS, 2012). Foram avaliados dezoito (18) genótipos de capim-elefante, sendo dezesseis (16) acessos provenientes do Banco Ativo de Germoplasma de Capim-elefante (BAGCE) da Embrapa Gado de Leite, dentre eles quatro (4) clones: CNPGL 92-79-2, CNPGL

96-21-1, CNPGL 96-25-3 e CNPGL 00-211 e doze (12) variedades: BRS Canará, BRS 9279-2, BAGCE 2, Porto Rico 534-B, Taiwan A-25, Cubano de Pinda, Napier, Cameroon Piracicaba, Vrukwna, T241 Piracicaba, Cuba-116 e Guaçu, além de dois (2) clones locais (Cameroon Local e Clone Local 2). Também foram avaliados dois (2) cultivares de cana-de-açúcar provenientes da Rede Interinstitucional para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA): RB 92579 e RB 99514.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. As parcelas experimentais foram compostas por três linhas de 5 metros, com três repetições (blocos). Foram efetuados dois cortes: (1º) 201 dias após o plantio e (2º) 178 dias após o primeiro corte. Ao final dos dois ciclos de cultivo foram coletados os dados biométricos médios referentes à altura de planta, ao diâmetro do colmo e ao número total de perfilhos por metro linear. As estimativas de produção de biomassa fresca e seca de cada um dos genótipos foram determinadas mediante o corte e a pesagem das plantas presentes em cada parcela e expressas em megagramas por hectare por ano ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$), correspondente à toneladas por hectare por ano ($\text{t ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$). A estimativa de produção de biomassa seca ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$) foi calculada com base na percentagem de umidade (%) dos materiais, a qual foi determinada mediante a trituração de subamostras e a posterior secagem das mesmas em estufa (65°C) por 72 h. As subamostras trituradas e secas do segundo corte foram moídas em moinho tipo Willey e peneiradas em peneiras de 35 Mesh (abertura de 500 μm) para a determinação das fibras em detergente ácido (FDA), da celulose, da lignina e das cinzas (%).

As análises das fibras em detergente ácido e seus componentes foram realizadas conforme proposto por Van Soest e Wine (1968), descrito por Silva & Queiroz (2006). Trata-se de um método gravimétrico utilizado para a determinação da qualidade das forrageiras que é baseado na separação das diversas frações constituintes da biomassa das plantas por meio de reagentes específicos, denominados detergentes. Foram adotadas modificações em relação ao método original, referentes ao emprego de saquinhos de TNT (tecido não-tecido) e de autoclave, conforme trabalhos descritos na literatura (CICHOSKI et al., 2009; VALENTE et al., 2011). As análises foram efetuadas utilizando-se 500 mg de amostra, nas dependências do Laboratório Multiuso da Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Tabuleiros Costeiros, situada no município de Rio Largo/AL

Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância e tiveram suas médias comparadas pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$), através do programa estatístico R (R CORE TEAM, 2014) e dos recursos de seu pacote Rcmdr (FOX, 2005).

Resultados e Discussões

Foram constatadas diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os genótipos de capim-elefante (18) e cana-de-açúcar (2) para as seguintes variáveis: perfilhamento,

altura de planta, diâmetro do colmo, produção de biomassa fresca e seca e para os teores de fibras em detergente ácido (FDA) e celulose. Não constatadas diferenças significativas para os percentuais de lignina e cinzas (Tabela 1).

Tabela 1. Biometria, produção e qualidade da biomassa em genótipos de capim-elefante e cana-de-açúcar. Rio Largo/AL, 2014.

Genótipos	Perfilhamento (perfilhos m ⁻¹)	Altura (m)	Diâmetro (mm)	Massa fresca (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Massa seca (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	FDA (%)	Celulose (%)	Lignina (%)	Cinzas (%)
CNPGL 92-79-2	20,2 a	3,6 a	13,7 d	214,5 a	84,3 a	35,0 b	27,7 a	5,7 a	1,5 a
BRS Canará	18,0 a	3,8 a	15,3 c	206,6 a	72,8 a	40,6 a	30,8 a	8,2 a	1,6 a
Cubano de Pinda	14,4 b	3,6 a	19,6 b	192,8 b	72,6 a	38,4 a	30,7 a	6,1 a	1,6 a
BRS 9279-2	16,0 b	3,7 a	17,6 c	186,5 b	71,2 a	37,5 a	29,0 a	6,9 a	1,6 a
Cameroon Local	14,8 b	3,4 b	17,0 c	209,7 a	70,3 a	34,7 b	24,9 b	8,1 a	1,7 a
BAGCE 02	18,1 a	3,4 b	14,0 d	202,7 a	69,3 a	39,1 a	30,9 a	6,6 a	1,6 a
Guaçu	16,6 b	3,6 a	16,8 c	188,5 b	69,0 a	36,6 a	30,2 a	4,6 a	1,8 a
Cuba-116	15,9 b	3,3 b	14,8 d	192,4 b	68,5 a	37,5 a	29,4 a	6,4 a	1,6 a
Clone Local 2	16,6 b	3,5 b	15,6 c	213,6 a	66,8 a	38,9 a	29,3 a	8,1 a	1,5 a
Cameroon Piracicaba	13,0 c	3,3 b	16,2 c	170,6 b	66,3 a	34,2 b	21,0 b	11,6 a	1,7 a
T241 Piracicaba	16,8 b	3,0 c	14,4 d	173,9 b	61,8 b	37,0 a	28,8 a	6,7 a	1,5 a
Vrukwona	12,4 c	3,3 b	17,2 c	159,0 c	59,4 b	35,2 b	23,0 b	10,5 a	1,8 a
CNPGL 00-211	16,5 b	2,9 c	13,7 d	160,7 c	59,4 b	38,4 a	30,1 a	6,5 a	1,8 a
CNPGL 96-25-3	19,3 a	2,8 c	14,4 d	172,5 b	57,4 b	37,2 a	26,5 b	9,1 a	1,6 a
Taiwan A-25	16,7 b	3,1 c	12,1 d	147,3 c	56,2 b	37,8 a	28,0 a	7,9 a	1,9 a
Napier	16,3 b	3,4 b	13,9 d	157,4 c	55,8 b	40,3 a	31,3 a	7,3 a	1,7 a
Porto Rico 534-B	16,7 b	3,4 b	12,8 d	140,6 c	51,3 b	37,5 a	28,6 a	7,2 a	1,7 a
CNPGL 96-21-1	13,2 c	2,8 c	11,8 d	133,1 d	47,0 c	37,8 a	28,8 a	6,9 a	2,1 a
RB 92579	8,6 d	1,9 d	23,9 a	126,3 d	44,3 c	29,5 c	23,1 b	4,6 a	1,7 a
RB 99514	6,9 d	1,7 d	26,4 a	111,2 d	38,3 c	31,5 c	24,7 b	5,2 a	1,6 a

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

Os genótipos de capim-elefante CNPGL 92-79-2, CNPGL 96-25-3, BAGCE 02 e BRS Canará apresentaram grau de perfilhamento significativamente superior em relação aos demais materiais avaliados, variando de 18,1 a 20,2 colmos por metro. Mello et al. (2001), Lira et al. (1998) e Italiano et al. (2006) encontraram valores médios para o número de perfilhos variando desde 15 até 56 por m².

Além de ter um ciclo mais curto do que a cana-de-açúcar, por exemplo, o que possibilita pelo menos dois cortes anuais, o capim-elefante apresenta alto índice de perfilhamento e baixos índices de florescimento. A produtividade das gramíneas forrageiras decorre da contínua emissão de folhas e perfilhos, processo importante para a restauração da área foliar após o corte ou pastejo e que garante a perenidade à forrageira. Nesse sentido, cada tipo de perfilho desempenha uma função, sendo os perfilhos axilares responsáveis pela recuperação

da planta pós-pastejo e os perfilhos basilares pela expansão da touceira, o que amplia a cobertura do solo, protegendo-o contra a erosão, e diminui a ocorrência de plantas invasoras (GOMIDE; GOMIDE, 2000).

Quanto à altura das plantas, os genótipos BRS Canará, BRS 9279-2, CNPGL 92-79-2, Cubano de Pinda e Guaçu apresentaram portes acima dos 3,6 metros, que foram significativamente superiores aos demais materiais avaliados. Os valores dos diâmetros dos colmos foram significativamente superiores nas cultivares de cana RB 99514 (26,6 mm) e RB 92579 (23,9 mm) em relação aos genótipos de capim-elefante (média de 15,1 mm).

Dentre as características fenotípicas que influenciam a produção de biomassa em genótipos/cultivares de capim-elefante, a altura de planta tende a manter elevadas produções. Outras características também influenciam

positivamente a produtividade, tais como o hábito de crescimento cespitoso, a intensidade de perfilhamento e a relação folha/colmo (LÉDO; MACHADO, 2014).

As produções de biomassa fresca ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) dos genótipos CNPGL 92-79-2, Cameroon Local, BAGCE 02, Clone Local 2 e BRS Canará apresentaram valores significativamente superiores aos demais materiais em estudo, superando 200 toneladas anuais de massa fresca. Os teores de água da biomassa triturada variaram de 60,6 a 68,9% com média geral de 64,1%. Quanto as produções de biomassa seca ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), obtiveram destaque os genótipos CNPGL 92-79-2, BRS Canará, Cubano de Pinda, BRS 9279-2, Cameroon Local, BAGCE 02, Guaçu, Cuba-116, Clone Local 2 e Cameroon Piracicaba foram significativamente superiores aos demais, com valores oscilando desde 66,3 até 84,3 toneladas anuais de biomassa seca por hectare.

Prine et al. (1997) obtiveram produtividades com capim-elefante entre 30 e 60 $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em solos das regiões Sul e Central da Flórida nos Estados Unidos, adotando diferentes práticas culturais. Em Porto Rico, Vicente-Chandler et al. (1959) constataram respostas a aplicação de elevadas doses de fertilizantes nitrogenados chegando à produção de 84 $\text{mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

A menor produção de biomassa em alguns genótipos poderia ser explicada, pelo menos em parte, pela precocidade dos materiais quanto ao florescimento, pois de acordo com Lédo e Machado (2014), os cultivares/genótipos de capim-elefante que apresentam florescimento tardio tendem a apresentar maior produção de biomassa sob baixa frequência de cortes (1 ou 2 cortes anuais).

Os genótipos de capim-elefante apresentaram elevados teores de FDA, os quais foram significativamente superiores aos cultivares de cana-de-açúcar. Os valores oscilaram de 34,2% no genótipo Cameroon Piracicaba a 40,6% no 'BRS Canará' e 40,3% no 'Napier'. Estes valores condizem com aqueles constatados por Moraes et al. (2009) que encontraram teores médios de 40% para fibras em detergente ácido (FDA) em genótipos capim-elefante.

Quanto aos teores de celulose (%) foram formados dois grupos os valores significativamente superiores aos demais foram apresentados pelos genótipos Napier (31,3%), BAGCE 02 (30,9%), BRS Canará (30,8%), Cubano de Pinda (30,7%), Guaçu (30,2%), CNPGL 00-211 (30,1%), Cuba-116 (29,4%), Clone Local 2 (29,3%), BRS 9279-2 (29%), T241 Piracicaba e CNPGL 96-21-1 (28,8%), Porto Rico 534-B (28,6%), Taiwan A-25 (28%) e CNPGL 92-79-2 (27,7%). Quesada (2005) encontrou valores percentuais de celulose variando de 32% (cultivar

Roxo) até 37% (cultivar Cameroon), nas condições de cultivo da região de Seropédica-RJ.

Um dos fatores que influencia diretamente no teor de fibras dos materiais, além da idade de corte, é a relação folha/colmo das plantas, já que no capim-elefante, bem como em outras gramíneas, o teor de fibras é frequentemente maior nos colmos do que nas folhas (MORAIS, 2008).

Embora não tenham sido constatadas diferenças significativas entre os materiais quanto os teores de lignina, os percentuais médios oscilaram desde 4,6% (RB 92579 e BAG 70) até 11,6% (BAG 38). Da mesma forma os teores de cinzas não diferiram entre os genótipos avaliados. O teor de lignina é uma característica considerada como de alta relevância quando se tem em vista a utilização da biomassa para produção de energia térmica ou termelétrica, sendo desejáveis maiores teores de lignina, já que ela afeta diretamente o poder calorífico (LÉDO; MACHADO, 2014).

O poder calorífico da biomassa é mais alto quanto maior o teor de lignina e extrativos da matéria-prima, já que os mesmos contêm menos oxigênio que os polissacarídeos, sendo este um aspecto favorável no caso do uso da biomassa para a obtenção de energia térmica. Por outro lado, no processo de produção de etanol de segunda geração são desejáveis baixos teores de lignina e/ou menor cristalinidade da fibra de celulose (DAMASCENO et al., 2010).

O teor de cinzas dos colmos é consideravelmente menor do que o das folhas, com valores médios variando de 0,7 e 1,1% para os colmos e de 7 a 10% para as folhas. Desta forma a relação folha/colmo exerce influência direta sobre no teor de cinzas e tende a aumentar quanto maior for a idade de corte, da mesma forma que ocorre com o teor de fibras. Em relação aos teores cinzas, componentes indesejáveis num processo de queima de material para a produção de energia, valores baixos (até 2%) de cinzas são considerados satisfatórios (QUESADA, 2005).

Conclusões

Os genótipos de capim-elefante CNPGL 92-79-2, BRS Canará, Cubano de Pinda, BRS 9279-2, Cameroon Local, BAGCE 02, Guaçu, Cuba-116 e Clone Local 2 se destacam em termos de produção de biomassa fresca nas condições edafoclimáticas da região da Zona da Mata de Alagoas.

O alto potencial de produção de biomassa dos genótipos de capim-elefante, associado aos seus elevados teores de fibras em detergente ácido e à possibilidade de

execução de múltiplos cortes anuais, credenciam a cultura como uma excelente alternativa de cultivo dedicado à produção de biomassa lignocelulósica, da qual se pode obter matéria-prima com alta qualidade energética para a produção de energia térmica, etanol celulósico e/ou de biocombustíveis sólidos (pellets e briquetes).

Referências

- ANDERSON, W.; CASLER, M.; BALDWIN, B. Improvement of perennial forage species as feedstock for bioenergy. In: VERMERRIS, W. (Ed.). **Genetic improvement of bioenergy crops**. Springer, 2008. p. 308-345. Disponível em: <<http://digitalcommons.unl.edu/usdaarsfacpub/248>>. Acesso em: 1 dez. 2014.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2008. 236 p.
- BARROS, A. H. C.; ARAUJO FILHO, J. C. de; SILVA, A. B. da; SANTIAGO, G. A. C. **F Climatologia do estado de Alagoas**. Recife: Embrapa Solos, 2012. 32 p. (Embrapa Solos: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 211)
- CICHOSKI, E.; SANTOS, G.T.; SILVA, G.T.; CECATO, U.; SANTOS, W.B.R.; MARTINS, E.N.; GASPARINO, E. Diferentes tipos de sacos para análise de digestibilidade *in vitro* de forrageiras. **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v. 58, n. 224, p. 749-752, 2009.
- DAMASCENO, C. M. B.; SOUSA, S. M. de; NODA, R. W.; PARRELLA, R. A. da C.; SCHAFFERT, R. E.; MAGALHAES, J. V. de A importância da lignina para a produção de etanol de Segunda geração. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 35 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 108).
- DUBEUX JÚNIOR, J.C.B.; MELLO, A.C.L. Aspectos morfofisiológicos do capim-elefante. In: LIRA, M. A.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX, J.C.B.; MELLO, J.C.L. MELLO, A.C.L. **Capim-elefante: fundamentos e perspectivas**. Recife: IPA/UFRPE, 2010. p. 51-67.
- FOX, J. The R Commander: A Basic Statistics Graphical User Interface to R. **Journal of Statistical Software**, Los Angeles, v. 14, n.9, p. 1-42, 2005.
- FREITAS, E. V.; LIRA, M. A.; SIVA, M. C.; DIAS, F. M. Capim-elefante: origem, taxonomia e caracterização. In: LIRA, M. A.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX, J.C.B.; MELLO, J.C.L. MELLO, A.C.L. **Capim-elefante: fundamentos e perspectivas**. Recife: IPA/UFRPE, 2010. p. 15-28.
- FERRARIS, R. The effect of photoperiod and temperature on the first crop and ratoon growth of *Pennisetum purpureum* Schum. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 29, p. 941-950, 1978.
- GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A. Morfogênese de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 2, p.341-348, 2000.
- HANNA, W. W.; CHAPARRO, C. J.; MATHEWS, B. W.; BURNS, J. C.; SOLLENBERGER, L. E. Perennial *Pennisetums*. In: MOSER, L.E.; BURSON, B.L.; SOLLENBERGER, L.E. (Ed.) **Warm-Season (C4) Grasses**. Madison, WI: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 2004. p. 503-535.
- ITALIANO, E. C.; PEREIRA, A. V.; LEDO, F. J. S.; NETO, R. B. A. Comportamento produtivo de genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) para corte na região Meio-Norte do Brasil. **Revista Científica de Produção Animal**, Teresina, v. 8, n. 2, p. 47-55, 2006.
- LÉDO, F. J. S.; MACHADO, J. C. Construindo um ideótipo de gramínea para produção de energia. In: SOUZA, F. H. D.; MATTA, F. P.; FÁVERO, A. P. **Construção de ideótipos de gramíneas para usos diversos**. Brasília, DF: Embrapa, 2013, p. 227-236.
- LIRA, M. A.; DUBEUX JÚNIOR, J. C.; OLIVEIRA, C. F. Competição de cultivares de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) e de seus híbridos com milho (*P. americano* (L) Leeke) sob pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p. 421- 423.
- MELLO, A. C. L.; LIRA, M. A.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SANTOS, M. V. F. dos; FREITAS, E. V. de. Caracterização e seleção de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) na Zona da Mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 1-6, 2001.
- MORAIS, R. F. **Potencial produtivo e eficiência da fixação biológica de nitrogênio de cinco genótipos de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), para uso como fonte alternativa de energia**. 2008. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Seroédica, Seropédica.
- MORAIS, R. F.; SOUZA, B. J.; LEITE, J. M.; SOARES, L. H. B.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. Elephant grass genotypes for bioenergy production by direct biomass combustion. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 2, 2009.
- MORAIS, R. F.; SOUZA, B. J.; LEITE, J. M.; SOARES, L. H. B.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. Parâmetros qualitativos de cinco genótipos de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) para uso como

fonte alternativa de energia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado. **Anais...** Gramado, 2007.

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

PRINE, G.M.; STRICKER, J.A.; MCCONNELL, W.V. Opportunities for bioenergy development in lower south USA. In: Biomass Conference of the America: Making a Business from Biomass in Energy, Environment, Chemicals, Fibers and Materials, 3., 1997. **Proceedings...** 1997. v.1, p. 227-235.

QUESADA, D. M.; BODDEY, R. M.; REIS, V. M.; URQUIAGA, S. **Parâmetros qualitativos de genótipos de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) estudados para a produção de energia através da biomassa**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2004. 4 p. (Embrapa Agrobiologia. Circular Técnica, 8).

R CORE TEAM (2014) **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 1 dez. 2014.

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**, Chicago, v. 24, p. 461-495, 2005.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: Editora UFV, 2006, 235p.

VALENTE, T. N. P.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; SAMPAIO, C. B.; GOMES, D. I. Avaliação dos teores de fibra em detergente neutro em forragens, concentrados e fezes bovinas moídas em diferentes tamanhos e em sacos de diferentes tecidos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 5, p. 1148-1154, 2011.

VAN SOEST, P.J.; WINE, R.H. Determination of lignin and cellulose in acid detergent fiber with permanganate. **Journal of Association of Official Agricultural Chemists**, Baltimore, v. 51, p. 780-785, 1968.

VILELA, H. **Produção de biomassa de capim elefante Paraíso**. Disponível em: <<http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos.htm>>. Acesso em: 5 nov. 2014.

VICENTE-CHANDLER, J.; SILVA, S.; FIGARELLA, J. Effects of nitrogen fertilization and frequency of cutting on the yield and composition of Napier in Puerto Rico. **Agronomy Journal**, Madison, v. 51, n. 4, p. 202-206, 1959.

ZANETTI, J. B. **Identificação de genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) de alta produção de biomassa com qualidade para fins energéticos**. 2010. 73 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

Circular Técnica, 68

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



Embrapa Tabuleiros Costeiros
Endereço: Avenida Beira Mar, 3250, CP 44,
CEP 49025-040, Aracaju - SE.
Fone: (79) 4009-1344
Fax: (79) 4009-1399
www.cpatc.embrapa.br/fale-conosco

Publicação disponibilizada on-line no formato PDF
1ª edição
On-line (2014)

Comitê de publicações

Presidente: *Marcelo Ferreira Fernandes*
Secretária-executiva: *Raquel Fernandes de Araújo Rodrigues*
Membros: *Alexandre Nizio Maria, Ana da Silva Lédo, Ana Veruska Cruz da Silva Muniz, Élio César Guzzo, Hymerson Costa Azevedo, Josué Francisco da Silva Junior, Julio Roberto Araujo de Amorim, Viviane Talamini e Walane Maria Pereira de Mello Ivo*

Supervisora editorial: *Raquel Fernandes de Araújo Rodrigues*

Expediente Editoração eletrônica: *Raquel Fernandes de Araújo Rodrigues*