

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

JONAS PAULINO DOS SANTOS

**VALIDAÇÃO DE CULTIVO E USO DE VARIEDADES DE CAPIM-ELEFANTE
PARA USO ENERGÉTICO ADAPTADAS AO BIOMA MATA ATLÂNTICA**

Rio Largo/AL
Agosto de 2023

JONAS PAULINO DOS SANTOS

**VALIDAÇÃO DE CULTIVO E USO DE VARIEDADES DE CAPIM-ELEFANTE
PARA USO ENERGÉTICO ADAPTADAS AO BIOMA MATA ATLÂNTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Campus de Engenharia e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas como requisito para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Dr. Anderson Carlos Marafon.

Rio Largo/AL

Agosto de 2023

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 - 1512

S237v Santos, Jonas Paulino dos.

Validação de cultivo e uso de variedades de capim-elefante para uso energético adaptadas ao bioma mata atlântica / Jonas Paulino dos Santos. – 2023.

21f.: il.

Orientador(a): Anderson Carlos Marafon.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Graduação em Agronomia, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2023.

Inclui bibliografia

1. *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone. 2. Produção de biomassa lignocelulósica. 3. Desempenho produtivo. I. Título.

CDU: 581

DEDICATÓRIA

Ao meu querido pai, Jorge Paulino dos Santos (*in memoriam*), que nos deixou há pouco tempo, mas fez de tudo por mim ao longo da sua vida, minha mãe, Ana Cleide da Conceição Santos, minha esposa Daysielle Rodrigues de Oliveira Paulino, ao meu irmão, Anderson Henrique da Trindade, fonte de inspiração, apoio, incentivo e força.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus por conceder-me saúde, sabedoria e força de vontade para concluir o curso de Agronomia.

Aos meus pais, Jorge Paulino dos Santos (*in memoriam*) e Ana Cleide da Conceição Santos, por todo carinho, amor e cuidado e me fazer sempre acreditar nos meus objetivos.

À minha amada esposa Daysielle Rodrigues de Oliveira Paulino, por todo amor, paciência e companheirismo nessa jornada.

Ao meu irmão, Anderson Henrique da Trindade por todo apoio e amizade.

Ao meu orientador e amigo, Dr. Anderson Carlos Marafon, pela amizade, paciência e dedicação e todo acolhimento.

À Universidade Federal de Alagoas (UFAL), em especial ao Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), por produzir conhecimento e formar excelentes profissionais.

À Embrapa pela oportunidade realizar todos os trabalhos que foram imprescindíveis para minha formação. Sem esquecer, também agradeço ao apoio da Fundação de Apoio a Pesquisa de Alagoas - FAPEAL pela concessão de bolsa de iniciação científica ao longo da minha graduação.

Ao meu amigo Victor dos Santos Guimarães que me auxiliou na realização de todos os experimentos.

À Coordenação do Curso de Agronomia e à todos os docentes que contribuíram para meu aprendizado ao longo do curso.

Aos meus amigos de classe, em especial Ana Caroline, Cleiton Andrade, Dorothy Lima, Felipe Ramalho e Jefferson Teixeira, pelos agradáveis momentos vividos e pelo grande elo de amizade formado e a todos que de algum modo contribuíram para a realização desse sonho.

A estes os meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

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. O objetivo desse trabalho consiste na condução de testes de interação de genótipos para a validação de cultivo e uso de capim-elefante com potencial de uso energético da biomassa recomendados para as condições ambientais dos Tabuleiros Costeiros do Nordeste (Bioma Mata-atlântica) e propor estratégias de utilização das cultivares para produção de bioenergia. O experimento foi conduzido na Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Tabuleiros Costeiros, no município de Rio Largo/AL, sendo avaliados seis genótipos-elite de capim-elefante (Madeira, BRS Capiacu, King Grass, Pasto Panamá, Cruzamento C6 e Cruzamento C8). O solo foi classificado como Latossolo Amarelo Coeso Argissólico de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos e quanto às suas características físicas, o solo da área experimental apresentou-se com uma textura arenopargilosa. As avaliações consistiram na análise de variáveis biométricas de crescimento (altura, número de perfilhos) e na determinação das produções de biomassa de cada uma das variedades, aos quatro meses após o plantio. Os resultados evidenciam o maior índice de perfilhamento das variedades Madeira (22,3 perfilhos m⁻¹) King Grass (24,9 perfilhos m⁻¹). A altura de planta variou de 3,8 m (Cruzamento C6) a 4,1 m (Cruzamento C8) mas não diferiu entre variedades. As maiores produções anuais de biomassa fresca estimadas foram registradas nas variedades Madeira (411,3 t ha⁻¹ ano⁻¹) e King Grass (394,4 t ha⁻¹ ano⁻¹). As maiores produções de biomassa seca foram registradas nas variedades Madeira (104,8 t ha⁻¹) e King Grass (103,5 t ha⁻¹ ano⁻¹). A umidade média da biomassa variou de 72,76 % (BRS Capiacu) a 76,97 % (Pasto Panamá). A maior relação folha/colmo foi registrada na cultivar BRS Capiacu (0,72) e no cruzamento Capim C6 (0,63), enquanto as demais variedades apresentaram relação de 0,54 (Pasto Panamá) a 0,59 (Madeira). Os resultados demonstram a viabilidade técnica e a grande capacidade de produção de biomassa das variedades de capim-elefante na região dos Tabuleiros Costeiros (Bioma Mata-atlântica), associada ao rápido crescimento, a perenidade e a possibilidade de execução de múltiplos cortes anuais.

Palavras chaves: *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone, produção de biomassa lignocelulósica, desempenho produtivo.

ABSTRACT

With the current perspective of depletion of reserves of energy sources of fossil origin, the use of biomass as an alternative input has been gaining importance in the development of alternatives for a sustainable energy matrix. The objective of this work is to conduct genotype interaction tests to validate the cultivation and use of elephant grass with potential for energy use from biomass recommended for the environmental conditions of the Northeast Coastal Tablelands (Atlantic Forest Biome) and to propose strategies of using cultivars for bioenergy production. The experiment was carried out at the Research and Development Execution Unit of Embrapa Tabuleiros Costeiros, in the municipality of Rio Largo/AL, where six elite genotypes of elephant grass were evaluated (Madeira, BRS Capiacu, King Grass, Pasto Panamá, Cruzamento C6 and Crossing C8). The soil was classified as an Oxisol Yellow Cohesive Argissolic according to the Brazilian System of Soil Classification and as for its physical characteristics, the soil of the experimental area presented a sandy-clay texture. The evaluations consisted of the analysis of biometric variables of growth (height, number of tillers) and in the determination of the biomass production of each of the varieties, four months after planting. The results show the highest tillering index of the Madeira (22.3 tillers m⁻¹) and King Grass (24.9 tillers m⁻¹) varieties. Plant height ranged from 3.8 m (C6 Cross) to 4.1 m (C8 Cross) but did not differ between varieties. The highest estimated annual productions of fresh biomass were registered in the Madeira (411.3 t ha⁻¹ yr⁻¹) and King Grass (394.4 t ha⁻¹ yr⁻¹) varieties. The highest dry biomass productions were registered in the Madeira (104.8 t ha⁻¹ yr⁻¹) and King Grass (103.5 t ha⁻¹ yr⁻¹) varieties. The average moisture content of the biomass ranged from 72.76% (BRS Capiacu) to 76.97% (Pasto Panamá). The highest leaf/stem ratio was recorded in the BRS Capiacu cultivar (0.72) and in the Capim C6 cross (0.63), while the other varieties showed a ratio of 0.54 (Pasto Panamá) to 0.59 (Madeira). The results demonstrate the technical viability and the great biomass production capacity of the elephant grass varieties in the Coastal Tablelands region (Atlantic Forest Biome), associated with rapid growth, perenniality and the possibility of performing multiple annual cuts.

Keywords: *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone, lignocellulosic biomass production, productive performance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Preparo da área do experimento.....	15
Figura 2: Condução do experimento.	15
Figura 3. 1º Corte Julho de 2021 (120 dias após o plantio).	15
Figura 4. Rebrota. Setembro de 2021, (60 dias após o corte).	16
Figura 5. 2º Corte. Novembro de 2021 (135 dias após o corte).	16
Figura 6. 3º Corte. Abril de 2022 (140 dias após o corte).....	16
Figura 7. Produção de biomassa fresca da parte aérea (BFPA). Rio Largo/AL, 2023.....	19
Figura 8. Produção de biomassa seca da parte aérea (BSPA). Rio Largo/AL, 2023.	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Propriedades químicas do solo na área experimental. Rio Largo/AL, 2021.	14
Tabela 2. Características físicas do solo da área experimental. Rio Largo/AL, 2021.	15
Tabela 3. Precipitação pluviométrica e radiação solar global média mensais no local do experimento. Rio Largo/AL, 2023.	17
Tabela 4. Perfilhamento e altura de plantas em variedades de capim-elefante cultivadas na Zona da Mata da região Nordeste. Rio Largo/AL, 2023.	18
Tabela 5. Relação folha/colmo (F/C), produção anual de biomassa fresca da parte aérea (BFPA) e seca (BSPA), umidade (%) em variedades de capim-elefante cultivadas na Zona da Mata Nordestina. Rio Largo/AL, 2023.	19

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	12
3 METODOLOGIA.....	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

1 INTRODUÇÃO

O panorama de crescimento econômico estimado para 2030 prevê um grande aumento da demanda de energia. Deste modo, a necessidade de expansão da oferta de energia deve considerar, além de iniciativas que promovam o uso mais eficiente das fontes, a inclusão de fontes alternativas à matriz energética (TOLMASQUIM et al., 2007).

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), energia mecânica (etanol e biodiesel) e energia elétrica (combustão direta, gaseificação, queima de gases) (LÉDO; MACHADO, 2013). Com o uso indiscriminado de petróleo e carvão mineral desencadeou um desequilíbrio das condições climáticas do planeta, devido à liberação em excesso dos gases causadores do efeito estufa (GEE), o qual tem potencializado o aumento da temperatura média global (MATSUOKA et al., 2014).

Com a crescente demanda no uso da energia elétrica no mundo, algumas fontes de energia estão sendo adotadas, como, eólica, solar e outras fontes como a biomassa.

Neste sentido, esse trabalho busca abrir perspectivas de expansão da utilização da biomassa de capim-elefante a partir de cultivares especificamente desenvolvidas para produção de bioenergia, com maior produção de biomassa, resistência a cigarrinha-das-pastagens e características qualitativas superiores para os diferentes usos energéticos. O melhoramento genético do capim-elefante como fonte de biomassa para produção de energia requer o desenvolvimento de cultivares com características diversas daquelas tradicionalmente contempladas para a alimentação animal. O desenvolvimento de cultivares melhoradas de capim-elefante para uso específico (cogeração de energia e etanol de segunda geração, produção de biogás, etc.) adaptadas a diferentes condições ambientais aumentará a competitividade e a viabilidade econômica da biomassa de capim-elefante dedicada a produção de energia. A Embrapa Gado de Leite de Juiz de Fora/MG em parceria com outras Unidades da Embrapa, dentre eles a Embrapa Tabuleiros Costeiros, em sua Unidade de Execução de Pesquisa em Rio Largo/AL, coordena o Programa de Melhoramento Genético do Capim-elefante e é responsável pelo lançamento de novas cultivares como, por exemplo, da BRS Capiapu já consolidada no mercado produtivo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O capim-elefante [*Pennisetum purpureum* Schumach.; syn. *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone], é considerado uma alternativa de destaque, pois é uma gramínea semiperene que apresenta ciclo curto com excelente adaptação edafoclimática, sendo apontado como promissora alternativa de insumo energético, qualitativas sobretudo, por sua alta produção de biomassa seca (45 ton/ha/ano) e por suas características de interesse (MORAIS et al., 2009). O capim-elefante [*Pennisetum purpureum* Schumach.; syn. *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone], entre os cultivos dedicados à produção de energia da biomassa, é considerado uma alternativa de destaque, em razão da sua eficiência fotossintética; alto potencial produtivo; rápido crescimento; ampla adaptação; capacidade de fixação biológica de nitrogênio; além de suas propriedades químicas (SAMSON et al., 2005). O capim-elefante é rico em fibras e lignina e possui alta relação carbono-nitrogênio, característica desejável para a produção de energia, pois quanto maior essa razão, mais propícia para a queima é a planta (QUESADA, et al., 2004).

O elevado potencial produtivo está relacionado com o rápido crescimento (ciclo de 4 a 6 meses) e a elevada produção de biomassa, com possibilidade de execução de múltiplos cortes anuais, aliada com à característica de semiperenidade da espécie que garante longevidade à capineira. As vantagens comparativas do capim-elefante para produção de bioenergia em relação à cana e as outras fontes de biomassa energética são: maior potencial produtivo, rápido crescimento e menor ciclo de produção (múltiplos cortes, com balanço energético favorável e viabilidade econômica) (RA et al., 2012).

No Brasil, o capim-elefante é cultivado em todo o território nacional, sendo tradicionalmente explorado para fins de alimentação animal, onde se busca alta produção de forragem rica em proteína e baixos conteúdos de fibras e lignina. Ao contrário, nos cultivos destinados à produção de biomassa energética buscam-se elevadas proporções de fibras e lignina (MARAFON et al., 2016). Conforme constataram Na et al. (2016), a biomassa do capim-elefante apresenta elevada concentração de lignina, da ordem de 204 mg g⁻¹, a 291 mg g⁻¹, o que lhe confere elevado poder calorífico.

Para potencializar o uso da biomassa do capim-elefante como fonte de biomassa e geração de energia, há necessidade de direcionar pesquisas ao desenvolvimento de novas cultivares e de métodos que facilitem a utilização desta matéria-prima com alto teor de fibras e lignina e elevado poder calorífico, visando atender a demanda dos setores interessados na geração de energia térmica e/ou cogeração de energia, tais como os setores sucroenergético, da cerâmica vermelha, de gesso, de alimentos e fertilizantes.

Em relação ao melhoramento genético de capim-elefante, vale ressaltar que a Embrapa é o principal player no desenvolvimento de cultivares, sendo referência mundial nas ações de pesquisa com a espécie. Os principais avanços deste programa de pesquisa foram o desenvolvimento de populações e clones com foco no uso forrageiro, que estão em fase final de registro e proteção; além de possibilitar o lançamento das cultivares Pioneiro, BRS Canará, BRS Kurumi e BRS Capiapu, desenvolvidas para alimentação animal. Desta forma, faz-se necessário ampliar os esforços no desenvolvimento de cultivares específicas para utilização da biomassa como insumo energético.

Em relação a implantação e estabelecimento da cultura, o capim-elefante pode ser propagado por sementes sexuais ou propágulos vegetativos, sendo esta última a forma mais usual. Como forrageira, o cultivo do capim-elefante sempre foi realizado em áreas restritas (capineiras), em que a propagação vegetativa não constitui uma dificuldade relevante. Contudo, há grandes limitações ao seu cultivo em áreas extensivas (sobretudo em projetos de produção de biomassa energética), haja vista o grande volume de material propagativo necessário, o elevado custo de transporte e a dificuldade de armazenamento visando esperar do momento ideal de plantio. Da mesma forma, ainda faltam resultados de pesquisa que possam contribuir para consolidar a produção comercial desta cultura, no que diz respeito ao manejo agrônomico e aos processos de colheita e processamento da biomassa das cultivares desenvolvidas. Portanto, realizar os ajustes fitotécnicos em genótipos elite candidatos a cultivar, aliado às ações de melhoramento, é determinante para o sucesso na adoção das cultivares a serem lançadas, uma vez que o empresário rural terá indicação do correto manejo agrônomico no momento do lançamento. Ademais, o desenvolvimento de processos de colheita, secagem, densificação, e aproveitamento da biomassa do capim-elefante são elementos críticos para se garantir o êxito da sua utilização para produção de bioenergia.

O presente trabalho teve como principal objetivo avaliar as cultivares de capim-elefante específicas para utilização da biomassa como insumo energético, adaptadas às condições de cultivo ambientais dos Tabuleiros Costeiros do Nordeste (Bioma Mata-atlântica) e propor estratégias de utilização das cultivares para produção de bioenergia, subsidiando as ações desenvolvidas pelo Programa de Melhoramento Genético de Capim-elefante, coordenado pela Embrapa Gado de Leite.

3 METODOLOGIA

Foi realizado a implantação do experimento e acompanhamento de um ensaio de Validação de Cultivo e Uso (VCU) de variedades de capim-elefante para a região da Zona da Mata em área experimental na Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Tabuleiros Costeiros, em Rio Largo, AL, região dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas (bioma Mata-Atlântica) com seis variedades de capim-elefante obedecendo aos critérios da Instrução Normativa n. 23 de 2008, estabelecida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a qual trata dos requisitos mínimos para a realização de ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) de gramíneas forrageiras (BRASIL, 2008).

Foram avaliados seis genótipos elite pré-selecionados de capim-elefante: BRS Capiçu, Madeira, Capim C6, Capim C8, King Grass e Pasto Panamá, quanto ao potencial de uso para a cogeração de energia. O delineamento experimental foi conduzido em blocos, com três repetições. As parcelas experimentais foram constituídas por quatro fileiras de 6,0 m de comprimento cada, com espaçamento de 1,0 m entre fileiras.

O solo foi classificado como Latossolo Amarelo Coeso Argissólico de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2006) (Tabela 1).

O plantio foi realizado no mês de março de 2021 e o primeiro corte, efetuado aos 120 dias após o plantio, sendo avaliadas as seguintes características: produções de biomassa seca e fresca de colmos, folhas e da planta inteira; altura da planta e número de perfilhos.

Tabela 1: Propriedades químicas do solo na área experimental. Rio Largo/AL, 2021.

Nutrientes minerais				Atributos químicos				
Camada do perfil (cm)	Potássio	Fósforo	Cálcio	Magnésio	pH	T	V	MO
	mg dm ⁻³		mmolc dm ⁻³			%		
0 – 20	36	4	1,8	1,6	6,8	5,96	59,7	2,65
20 – 40	36	4	1,1	1,1	5,9	4,46	52,9	2,25

*T - capacidade de troca de cátions (pH 7); V - saturação por bases e MO - matéria orgânica.

Fonte: SANTOS, JP.,2021.

Quanto às suas características físicas, o solo da área experimental apre sentou-se com uma textura areno-argilosa (Tabela 2).

Tabela 2: Características físicas do solo da área experimental. Rio Largo/AL, 2021.

Atributos físicos					
Camada do perfil (cm)	Areia (0,05 – 2 mm)	Silte (0,002 - 0,05 mm)	Argila ($\leq 0,002$ mm)	Relação Silte/Argila	Densidade do solo (kg dm ⁻³)
0 – 20	62,50%	6%	31,50%	0,24	1,42
20 – 40	57%	6%	37%	0,16	1,6

Fonte: SANTOS, JP.,2021.

Figura 1: Preparo da área do experimento.



Fonte: Foto: Anderson Carlos Marafon.

Figura 2: Condução do experimento.



Fonte: Foto: Anderson Carlos Marafon.

Figura 3: 1º Corte Julho de 2021 (120 dias após o plantio).



Fonte: Foto: Anderson Carlos Marafon.

Figura 4: Rebrota. Setembro de 2021, (60 dias após o corte).



Fonte: Foto: Anderson Carlos Marafon.

Figura 5: 2º Corte. Novembro de 2021 (135 dias após o corte).



Fonte: Foto: Anderson Carlos Marafon.

Figura 6: 3º Corte. Abril de 2022 (140 dias após o corte).



Fonte: Foto: Anderson Carlos Marafon.

Tabela 3: Precipitação pluviométrica e radiação solar global média mensais no local do experimento. Rio Largo/AL, 2023.

Médias Climatológicas por período				
Data da Implantação: 03/março/2021				
1º. Corte: 03/Julho/2021	120 DAC	Prec. Pluvial: 1053 mm	Radiação: 17,35 MJ m ² dia ⁻¹	Evapotranspiração Ref.: 448,5 mm
2º. Corte: 16/Novembro/2021	135 DAC	Prec. Pluvial: 597 mm	Radiação: 14,47 MJ m ² dia ⁻¹	Evapotranspiração Ref.: 454,5 mm
3º. Corte: 06/Abril/2022	140 DAC	Prec. Pluvial: 501 mm	Radiação: 21,72 MJ m ² dia ⁻¹	Evapotranspiração Ref.: 593,2 mm
4º. Corte: 27/Julho/2022	111 DAC	Prec. Pluvial: 1412 mm	Radiação: 14,98 MJ m ² dia ⁻¹	Evapotranspiração Ref.: 346,5 mm
5º. Corte: 07/Dezembro/2022	130 DAC	Prec. Pluvial: 651 mm	Radiação: 18,53 MJ m ² dia ⁻¹	Evapotranspiração Ref.: 463,2 mm
6º. Corte: 07/Março/2023	90 DAC	Prec. Pluvial: 257 mm	Radiação: 21,47 MJ m ² dia ⁻¹	Evapotranspiração Ref.: 371,9 mm

Fonte: Estação Agrometeorológica Automática, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Rio Largo-AL.

A análise de variância dos dados e as médias foram comparadas pelo teste de Scott e Knott ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$), através do software estatístico Sisvar 4.3 (Ferreira, 2001).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os maiores índices de perfilhamento foram observados nas variedades Madeira (22,3 m⁻¹) e King Grass (24,9 m⁻¹) e a maior altura no cruzamento C8 (4,13 m), (Tabela 4).

Tabela 4: Perfilhamento e altura de plantas em variedades de capim-elefante cultivadas na Zona da Mata da região Nordeste. Rio Largo/AL, 2023.

Genótipo	Perfilhos m⁻¹	Altura da Planta (m)
Madeira	22,3*	3,97ns
BRS Capiaçú	17,9ns	3,96ns
King Grass	24,9*	3,89ns
Pasto Panamá	20,1ns	3,98ns
Cruzamento C6	20,1ns	3,80ns
Cruzamento C8	19,9ns	4,13*
Média	20,9	3,95
CV (%)	10,3	8,1

* Difere pelo teste de Scott e Knott ($p \leq 0,05$).

NS: Não significativo

As variedades Madeira e King Grass apresentaram as maiores produções de biomassa fresca e biomassa seca e a BRS Capiaçú a maior relação F/C dentre as demais. A umidade média da biomassa variou de 72,76 % (BRS Capiaçú) a 76,97 % (Pasto Panamá). (Tabela 5).

Tabela 5: Relação folha/colmo (F/C), produção anual de biomassa fresca da parte aérea (BFPA) e seca (BSPA), umidade (%) em variedades de capim-elefante cultivadas na Zona da Mata Nordestina. Rio Largo/AL, 2023.

Genótipo	Relação F/C	BFPA (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Umidade (%)	BSPA (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)
Madeira	0,597ns	411,3*	74,78ns	104,8ns
BRS Capiaçú	0,721*	366,5ns	72,76ns	100,9ns
King Grass	0,496ns	394,4*	73,70ns	103,5ns
Pasto Panamá	0,543ns	349,3ns	76,97ns	81,2ns
Cruzamento C6	0,639ns	338,3ns	74,16ns	91,2ns
Cruzamento C8	0,527ns	326,6ns	73,53ns	87,6ns
Média	0,587	364,4	74,32	94,9
CV (%)	15,6	16,3	9,5	12,2

* Difere pelo teste de Scott e Knott ($p \leq 0,05$).

NS: Não significativo

Figura 7: Produção de biomassa fresca da parte aérea (BFPA). Rio Largo/AL, 2023.

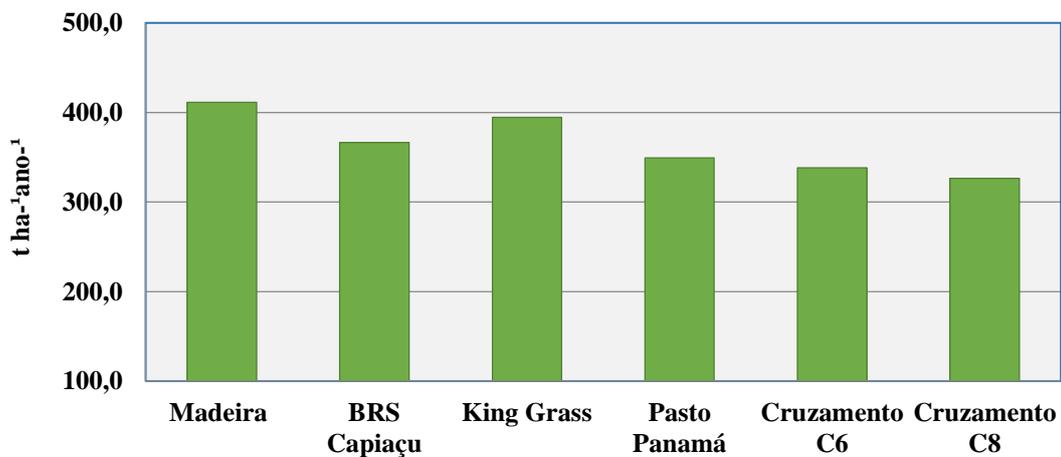
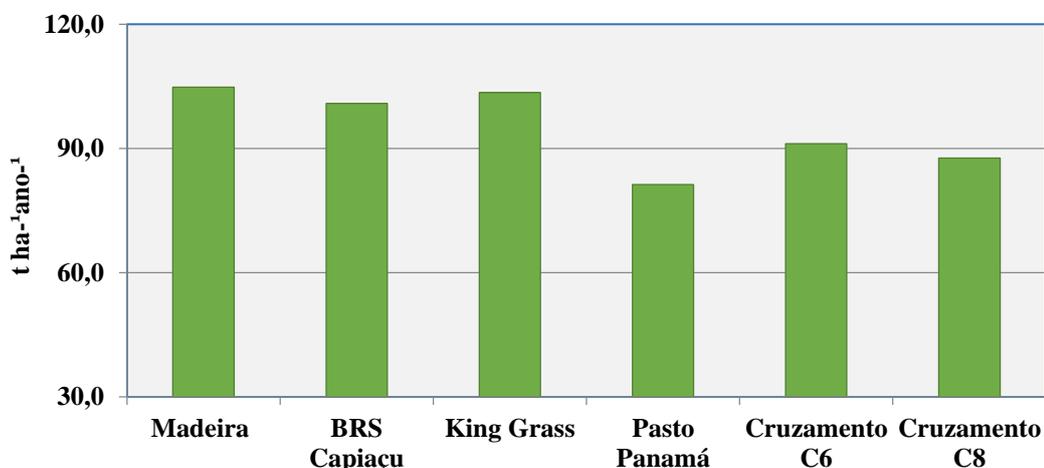


Figura 8: Produção de biomassa seca da parte aérea (BSPA). Rio Largo/AL, 2023.



O potencial de produção de biomassa do capim-elefante resulta da combinação de fatores como: eficiência na interceptação da luz solar, reduzido índice de florescimento, eficiência fotossintética, alta capacidade de rebrota e perfilhamento, armazenamento de reservas nas raízes e eficiência no uso da água e nutrientes (LIRA et al., 2010; HANNA et al., 2004).

Uma das características que tornam as gramíneas perenes atraentes para a produção de bioenergia, além do potencial de produção de biomassa e da longevidade, é a possibilidade de se efetuar cortes em diferentes fases do desenvolvimento das plantas, permitindo que permaneçam armazenadas no campo ‘em pé’, com baixos teores de água (SANDERSON; ADLER, 2008).

O cultivo de espécies dedicadas à produção de biomassa configura-se como opção favorável à diversificação das fontes de matéria-prima atualmente utilizadas nos processos de geração de energia. O capim-elefante é, reconhecidamente, uma das gramíneas forrageiras de mais alto potencial produtivo, adaptando-se muito bem às condições de clima e solo de praticamente todo o Brasil.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas avaliações biométricas e na produção estimada de biomassa das variedades, os genótipos Madeira e King Grass são os que mais se destacam para uso energético na região dos Tabuleiros Costeiros de Alagoas (Bioma Mata-atlântica), associada ao rápido crescimento a perenidade e possibilidade de execução de múltiplos cortes anuais.

A inserção do capim-elefante como fonte complementar de matéria-prima para o setor sucroenergético mostra-se uma alternativa tecnicamente viável tendo em vista a alta produção de biomassa e boa adaptação da espécie a ambientes produtivos mais restritivos, o que pode significar redução de custos de produção e geração de um impacto socioeconômico positivo em toda a cadeia produtiva vinculada, promovendo o desenvolvimento regional, com incremento na geração de postos de trabalho e na redução da sazonalidade de mão-de-obra.

Quando produzida de forma eficiente e sustentável, a energia a partir da biomassa traz inúmeros benefícios ambientais, econômicos e sociais quando comparados aos combustíveis fósseis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Lei n.º 4.504 de 30 de novembro de 1964. **Estatuto da Terra. Coleção Saraiva de Legislação**. 21ª Ed. Atual. E reformulada. São Paulo: Saraiva, 2008.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A Computer Statistical Analysis System. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

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.

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.; 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. 229 p

MARAFON, A. C.; SANTIAGO, A. D.; AMARAL, A. F. C.; BIERHALS, A. N.; PAIVA, H. L.; GUIMARÃES, V. S. Poder calorífico do capim-elefante para a geração de energia térmica. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2016. 28 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 115).

MATSUOKA, S. et al. 2014. Energy cane: Characteristics, development, and prospects. **Advances in Botany**, v. 1, p. 1-13, 2014.

MORAIS, R. F.; SOUZA, B. J.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. Elephant grass genotypes for bioenergy production by direct biomass combustion. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, p. 133-140, 2009.

NA, C.; FEDENKO, J. R.; SOLLENBERGER, L. E.; ERICKSON, J. E. Harvest management affects biomass composition responses of C4 perennial bioenergy grasses in the humid subtropical USA. **GCB Bioenergy**, v. 8, p. 1150-1161, 2016.

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, 2004, 4 p. (**Circular Técnica**, 8).

RA, K.; SHIOTSU, F.; ABE, J.; MORITA, S. Biomass yield and nitrogen use efficiency of cellulosic energy crops for ethanol production. **Biomass and Bioenergy**, v. 37, p. 330-334, 2012.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

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

TOLMASQUIM, M. T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. **Matriz energética brasileira: uma prospectiva. Novos estudos**. CEBRAP. 2007, n.79.