

# Seleção de clones de *Cenchrus* spp. para geração de energia em Pernambuco

## *Selection of Cenchrus spp. clones for energy generation in Pernambuco*

Maria da Conceição Silva<sup>1\*</sup>, Erinaldo Viana de Freitas<sup>1</sup>, Francisco Abel Lemos Alves<sup>1</sup>, Djalma Cordeiro dos Santos<sup>1</sup>, Aldo Torres Sales<sup>2</sup>, Emmanuel Damilano Dutra<sup>2</sup>, Tassiano Maxwell Marinho Câmara<sup>3</sup>, Mércia Virginia Ferreira dos Santos<sup>4</sup>, Alexandre Carneiro Leão de Mello<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Agronômico de Pernambuco, Estação Experimental de São Bento do Una, PE - 193, Km 03, s/n°, Zona Rural, CEP 55370-000, São Bento do Una, PE, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife, PE, Brasil

<sup>3</sup>EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE, Brasil

<sup>4</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife, PE, Brasil

\*autor correspondente

✉ conceicao.silva@ipa.br

**RESUMO:** A pesquisa objetivou identificar e caracterizar clones de *Cenchrus* spp. sin. *Pennisetum* spp. com potencial para geração de energia renovável (combustão direta da biomassa) em Pernambuco. A seleção foi iniciada a partir do Banco Ativo de Germoplasma/Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA) com 600 acessos, sem repetição. Tomando como base as características morfológicas e produtivas, os acessos foram classificados três grupos: Colmo Fino – CF, Colmo Médio – CM e Colmo Grosso - CG. No processo pré-seletivo foram realizadas avaliações quanto ao hábito de crescimento, nível de acamamento, diâmetro de colmo e desejabilidade. Foram pré-selecionados clones de crescimento ereto, maior % MS e maior acúmulo de matéria seca (AMS) para avaliação dos teores de fibra em detergente neutro (% FDN), fibra em detergente ácido (% FDA), % hemicelulose, % lignina, % cinzas e % celulose, carbono (% C), hidrogênio (% H), nitrogênio (% N), poder calorífico inferior (PCI) e poder calorífico superior (PCS). Os genótipos mais promissores da pré-seleção foram utilizados em dois ensaios preliminares (Itambé e São Bento do Una), utilizando-se o delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. As parcelas foram três filas/genótipo de quatro metros, tendo como área útil os dois metros centrais da linha central. O capim elefante cv. Cuba 169 se destacou em Itambé (Zona da Mata de Pernambuco) por ter gerado 171.394.060 kcal/ha/ano. Dentre os genótipos de maior acúmulo de matéria seca, os cultivares Mineirão e IRI-381 foram superiores quanto a geração de energia nas condições do Semiárido pernambucano, os quais geraram, respectivamente, 82.451.650 e 81.838.800 kcal/ha/ano em Bento do Una-PE. O ideótipo de clones de *Cenchrus* spp. com potencial para combustão direta foi caracterizado como de crescimento ereto, porte alto, alto AMS e alta % MS.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biomassa, capim-elefante, ideótipo, morfologia, produtividade.

**ABSTRACT:** The research aimed to identify and characterize *Cenchrus* spp. syn. *Pennisetum* spp. clones with potential for renewable energy generation (direct combustion of biomass) in Pernambuco State. The selection started from the Active Germplasm Bank/BAG of the Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA) with 600 accessions, without repetition. Based on the morphological and productive characteristics, the accessions were classified into three groups: Stem Thin – ST, Stem Medium – SM and Stem Thick - STh. In the pre-selection process, evaluations were carried out regarding growth habit, lodging level, stem diameter and desirability. Upright growth clones were pre-selected, higher % DM and higher dry matter accumulation (DMA) were pre-selected for evaluation the contents of neutral detergent fiber (% NDF), acid detergent fiber (% ADF), % hemicellulose, % lignin, % ash and % cellulose, carbon (% C), hydrogen (% H), nitrogen (% N), lower calorific value (LCV) and higher calorific value (HCV). The most promising genotypes from the pre-selection were used in two preliminary trials (Itambé and São Bento do Una), using randomized block design with four replications. The plots were three lines/genotype of four meters, having as useful area the two central meters of the central line. Elephant grass cv. Cuba 169 stood out in Itambé (Pernambuco Forest Zone) for having generated 171,394,060 kcal/ha/year. Among the genotypes with the greatest accumulation of dry matter, the cultivars Mineirão and IRI-381 were superior in terms of energy generation in São Bento do Una (Semiarid region of Pernambuco) which generated of 82,451,650 and 81,838,800 kcal/ha/year, respectively. The ideotype of *Cenchrus* spp. with potential for direct combustion was characterized as erect growth, high build, high AMS and high % DM.

**KEYWORDS:** Biomass, elephant grass, ideotype, morphology, productivity.

## Introdução

A degradação da caatinga compromete cada vez mais os recursos naturais e a sustentabilidade deste bioma (DANTAS et al., 2010). Em meio à alta do desemprego e do preço do gás de cozinha, 14 milhões de famílias brasileiras, utilizaram lenha ou carvão no cozimento de seus alimentos em 2018 (MOTTA; ALVES, 2019). Os autores tomaram como base, dados do IBGE.

O polo gessífero no Araripe pernambucano é responsável por 97% do gesso produzido no Brasil (SANTOS; EL-DEIR, 2019). Neste processo, a calcinação tem demandado o uso de materiais energéticos, dos quais a lenha chega representar até 100% nas indústrias de pequeno porte (GRANJA et al., 2017).

Diante do exposto e em face do capim-elefante ser uma fonte renovável de energia, o IPA em parceria com UFRPE, Embrapa e UFPE busca selecionar genótipos de *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone sin. *Pennisetum purpureum* Schumach. para combustão direta da biomassa. A produção de material energético alternativo através de biomassa vegetal representa atualmente um dos grandes desafios para a pesquisa, em face do uso desenfreado do petróleo, além de ser uma fonte finita, contribuiu para o aumento do efeito estufa que ameaça o equilíbrio do clima na terra (BORGES; AQUINO; EVANGELISTA, 2016). O capim elefante se mostra mais produtivo comparado ao eucalipto (MAZZARELLA; URQUIAGA, 2006), o qual é muito utilizado no Brasil na forma de biomassa para combustão direta.

Neste contexto, este trabalho objetivou identificar e caracterizar clones de *Cenchrus* spp., com potencial para geração de energia renovável - combustão direta da biomassa, a partir do Banco Ativo de Germoplasma/BAG do IPA.

## Metodologia

### Implantação e manutenção de BAGs de capim-elefante e seus híbridos com o milho em diferentes ambientes de Pernambuco

Foram utilizados dois Bancos Ativos de Gemoplasma/BAG de *Cenchrus* spp. com 600 acessos, implantados nas Estações Experimentais do IPA de Itambé-PE e São Bento do Una-PE.

Itambé se encontra na porção Norte da faixa costeira do Estado, também denominada Zona da Mata Norte, a 179 m de altitude, 23° 39'39" S e 51°59'24" W, de clima tropical úmido AS' ou Pseudo Tropical conforme a classificação de Koppen. O solo da área experimental é do tipo ARGISSOLO de textura franco argilo arenoso. Foi realizada adubação conforme recomendação após análise de solo a qual revelou as seguintes características: pH (H<sub>2</sub>O) 4,90; P 5 mg/dm<sup>3</sup>; Ca 4,65 cmol/dm<sup>3</sup>; Mg 1,60 cmol/dm<sup>3</sup>; Na 0,03 cmol/dm<sup>3</sup>; K 0,15 cmol/dm<sup>3</sup>; Al 0,10 cmol/dm<sup>3</sup>; H 6,66 cmol/dm<sup>3</sup>; S 6,4 cmol/dm<sup>3</sup>; CTC 13,2 cmol/dm<sup>3</sup>; V 49% e m 2%.

São Bento do Una é um município do Agreste Meridional de Pernambuco, localizado a 619 m de altitude, 8° 31'20" S e 36°26'37" W, de clima Tropical com estação seca segundo a classificação de Koppen. A competição implantada em São Bento foi em um solo arenoso (areia franca) do tipo NEOSSOLO. Foi realizada correção e adubação conforme

recomendação após análise de solo a qual revelou as seguintes características: pH (H<sub>2</sub>O) 4,10; P 80 mg/dm<sup>3</sup>; Ca 1,00 cmol/dm<sup>3</sup>; Mg 0,70 cmol/dm<sup>3</sup>; Na 0,04 cmol/dm<sup>3</sup>; K 0,13 cmol/dm<sup>3</sup>; Al 0,55 cmol/dm<sup>3</sup>; H 2,66 cmol/dm<sup>3</sup>; S 1,9 cmol/dm<sup>3</sup>; CTC 5,1 cmol/dm<sup>3</sup>; V 37% e m 23%.

Cada acesso foi plantado em um sulco com 10 cm de profundidade e 2m lineares de comprimento, no espaçamento de 2m entre os sulcos e 2m entre acessos dentro dos sulcos. A Cada 10 acessos, foram intercaladas três testemunhas comuns (IPA IRI-381, Mineirão e IPA-Venezuela), como indicadores de controle local, em face de nesta modalidade de experimento não existir repetição. As avaliações de pré-seleção foram realizadas em 1m central dentro de cada acesso.

Adubações de manutenção foram realizadas com 400 kg/ha de NPK (20-10-20) no BAG de Itambé e de 200 kg/ha de NPK (20-10-20) em São Bento do Una, sempre no período chuvoso por ocasião dos cortes, os quais foram realizados em intervalos de 12 meses e rente ao solo.

Os acessos foram caracterizados morfológicamente em fevereiro de 2016, na estação Experimental de Itambé, um ano depois do corte de uniformização. Morfológicamente, os genótipos foram avaliados visualmente, utilizando escalas de notas para hábito de crescimento, nível de acamamento, diâmetro de colmo e desejabilidade (caráter que engloba todo aspecto fitossanitário e produtivo do genótipo). Utilizou-se a escala de notas de 1 a 3 para hábito de crescimento, sendo 1. ereto, 2. semi-ereto e 3. aberto; notas de 1 a 5 para acamamento, sendo 1. sem acamamento, 2. baixo acamamento, 3. médio acamamento, 4. alto acamamento e 5. Altíssimo acamamento; notas de 1 a 3 para diâmetro de colmo, sendo 1. fino, 2. médio e 3. grosso; notas de 1 a 3 para desejabilidade, sendo 1. alta, 2. média e 3. baixa.

Dessa forma foi possível realizar a pré-seleção dos genótipos com base em produtividade e caracteres morfológicos apenas em Itambé.

Foram pré-selecionados 90 genótipos nas categorias: colmo fino, colmo médio e colmo grosso, sendo 30 por categoria. Além da espessura de colmo, foram priorizados aqueles que apresentaram hábito de crescimento ereto, sem acamamento, livres de pragas e doenças, bem como, de touceiras densas que visualmente se apresentavam como de alto acúmulo de biomassa. Realizada a pré-seleção, os 90 genótipos foram mensurados quanto ao número de perfilhos/2m<sup>2</sup> por contagem, acúmulo de massa verde, pelo método direto de corte e pesagem, teor de matéria seca por meio de secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65°C e espessura de colmo, com o auxílio de um paquímetro.

No processo pré-seletivo foram realizadas avaliações químico-bromatológicas dos onze genótipos de maior % MS e acúmulo de matéria seca (AMS) nas diferentes categorias de colmo (fino, médio e grosso). Foram avaliados os teores de fibra em detergente neutro (% FDN), fibra em detergente ácido (% FDA), % hemicelose, % lignina, % cinzas e % celulose conforme Silva e Queiroz (2002). Assim como determinou-se os teores de carbono (% C), hidrogênio (% H), nitrogênio (% N), poder calorífico inferior (PCI) e poder calorífico superior (PCS) nos genótipos mais produtivos. Ao multiplicar o AMS pelo PSC se obteve a produtividade de kcal/ha/ano.

Em decorrência de longas estiagens a partir de 2016 (Tabela 1) e a alta mortalidade em São Bento do Una, a sobrevivência a seca (igual ou superior a 70%) também passou a ser um fator de seleção nas condições do Agreste. Por isso, não foi possível realizar colheita do BAG durante a pré-seleção em São Bento do Una. Dessa forma, foram pré-selecionados 20 acessos para compor o ensaio preliminar de Itambé e apenas 14 acessos para compor o de São Bento do Una.

Em cada ensaio preliminar, os tratamentos foram distribuídos em um delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. As parcelas são representadas por três filas de 3 m/genótipo de quatro metros, tendo como área útil os dois metros centrais da linha central.

O plantio dos genótipos foi realizado em sulcos com 10 cm de profundidade e espaçamento de um metro entre linhas e dois metros entre blocos. Além da adubação de manutenção conforme realizada nos BAGs, limpas manuais a cada seis meses foram realizadas, sendo uma limpa realizada logo após o corte.

Os dados da pré-seleção foram submetidos a uma análise descritiva, na qual se determinou o intervalo de confiança da média/IC, valores máximos e mínimos, bem como, a correlação entre produtividade e os demais caracteres.

Na realização das demais análises estatísticas utilizou-se o Programa Genes (Cruz, 1997).

## Resultados e Discussão

### Pré-seleção de genótipos de *Cenchrus* spp. para a geração de energia renovável

Os resultados referentes às características dos genótipos pré-selecionados em Itambé encontram-se na Tabela 2. Médias de 9,94 a 10,66 mm foram calculadas na categoria colmo fino, medias entre 12,48 e 14,08 mm na categoria colmo médio e de 17,52 a 17,84 na categoria colmo grosso, entretanto, dentro de cada uma dessas categorias, foram registrados extremos

**Tabela 1.** Precipitação pluviométrica mensal e acumulada anual (AA) por ano registrada nos diferentes locais de avaliação.

Locais/ Ano	Precipitações (mm)												AA
	Meses												
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
Ita/2015	16,5	53,7	190,8	31	91,7	147,2	199,1	36,1	26	9,5	3,5	74,5	879,6
Ita/2016	89,7	43	82,7	174,6	194,5	52,5	18,8	6	25	21	-	-	707,8
Ita/2017	21,3	29,9	75,7	147,2	111	144,7	346	30,5	52	41,5	10	-	1009,8
Ita/2018	153	188,5	73,5	191,1	104,5	112,5	85,6	10	17,5	22	-	-	958,2
Ita/2019	38,5	221,5	135,5	108,5	121,7	294,3	249,2	94,7	53,1	29,9	-	16	1362,9
SBU/2015	4,1	82,7	70,1	14,9	21,6	73,5	98,7	26,4	10,1	5,8	-	33,9	441,8
SBU/2016	65,1	23,1	44,6	31,2	56,5	12,6	19,2	15,5	-	-	-	-	267,8
SBU/2017	7,3	-	20,5	57,2	173,1	72,6	74,2	32,2	26,2	8,7	25,7	22,1	519,8
SBU/2018	48,8	89,8	48,9	124,2	60,6	15,2	19,5	4,8	8,3	-	6,4	19,6	446,1
SBU/2019	19,8	25,4	166	100,3	45,3	80,1	83,1	54,1	5,9	3,6	-	10,4	594,0

Ita (Itambé); SBU (São Bento do Una). Fonte: Estações meteorológicas localizadas nas Estações do IPA.

**Tabela 2.** Caracteres produtivos e morfológicos de clones de *Cenchrus* spp., em Itambé-PE.

Caracteres	Clones pré-selecionados		
	Colmo Fino	Colmo Médio	Colmo Grosso
IC média AMV (kg/2m <sup>2</sup> )	10,32 ± 0,64	10,22 ± 0,63	11,66 ± 0,34
Máximo AMV (kg/2m <sup>2</sup> )	20,00	19,70	18,90
Mínimo AMV (kg/2m <sup>2</sup> )	4,00	6,00	5,20
IC média n° de perfilhos/2m <sup>2</sup>	60,17 ± 2,35	46,60 ± 0,26	40,83 ± 0,96
Máximo n° de perfilhos/2m <sup>2</sup>	96,00	88,00	78,00
Mínimo n° de perfilhos/2m <sup>2</sup>	19,00	18,00	13,00
IC média espessura de colmo (mm)	10,36 ± 0,30	13,28 ± 0,80	17,68 ± 0,16
Máximo espessura de colmo (mm)	13,88	15,58	21,61
Mínimo espessura de colmo (mm)	8,18	10,89	13,35
IC média teor de MS (%)	44,21 ± 1,02	42,90 ± 0,39	38,28 ± 0,59
Máximo teor de MS (%)	58,39	50,00	52,28
Mínimo teor de MS (%)	19,80	32,30	29,64

IC = Intervalo de confiança; AMV = Acúmulo de matéria verde em colheita anual; MS = Matéria seca.

fora dos intervalos de confiança das médias registradas para cada categoria mencionada. Dois fatores contribuem para esse comportamento, o primeiro é que pequenas variações em milímetros são de difícil detecção visual e o segundo, é que, existe variação quanto a espessura de colmo entre perfilhos/plantas dentro de um mesmo genótipo, sendo assim, atribuída a nota que representasse a espessura de colmo da maioria das plantas daquele respectivo genótipo. O maior perfilhamento foi registrado na categoria de clones de colmo fino, tanto em valores médios ( $60,17 \pm 2,35$ ), como no genótipo per si com 96 perfilhos/2m<sup>2</sup>.

Apesar das diferenças constatadas quanto à espessura de colmo e perfilhamento, os acúmulos médios obtidos foram muito semelhantes ficando, independente da categoria, dentro de uma faixa geral, variando de 9,59 a 12,00 kg de MV/2m<sup>2</sup>. Esses acúmulos de MV médios mencionados equivalem às estimativas de 47,95 e 60,00 t de MV/ha/ano, respectivamente, no espaçamento utilizado que foi de 2m entre linhas, entretanto, vale mencionar que nos plantios comerciais, o espaçamento utilizado é geralmente de 1m entre linhas o que provavelmente aumentaria o acúmulo de MV estimado por hectare. O acúmulo de matéria verde apresentou correlação positiva com perfilhamento, na ordem de 71,7%, 83,3% e 74,4% nas categorias, colmo fino, colmo médio e colmo grosso, respectivamente. Quanto ao teor de MS, é possível observar que, mesmo havendo possibilidade de seleção para clones de alto teor de MS nas diferentes categorias avaliadas (CF, CM e CG), o maior teor de MS (58,39%) foi encontrado em um genótipo da categoria colmo fino (Tabela 2). Vale ainda ressaltar que, em valores médios, à medida que os colmos se tornavam mais espessos, se reduziu o teor de MS, sendo o IC das médias de  $44,21 \pm 1,02$ ;  $42,90 \pm 0,39$  e  $38,28 \pm 0,59\%$  MS nas categorias colmo fino, colmo médio e colmo grosso, respectivamente.

Relação positiva entre AMV e perfilhamento basilar também foi encontrada em Pernambuco por Mello et al. (2002). Por outro lado, é importante destacar que existe variabilidade quanto ao nível produtivo dentro de cada categoria, sendo detectados os respectivos clones das categorias colmo fino, médio e grosso, o IRI-381, o acesso 157 e o acesso 16 do BAG de *Cenchrus* spp. do IPA, como aqueles de máximos acúmulos (Tabela 2).

O interesse energético por esta gramínea foi despertado por sua alta produtividade, a qual chega a produzir 43 t de MS/ha/ano aos 150 dias de rebrota e cerca de 21,7% de matéria seca (VILELA, 2009). Os dados permitem projetar um acúmulo de MV em torno de 200.000 t/ha/ano para o IRI-381 se plantado no espaçamento de 1m entre linhas e com teor de matéria seca superior ao obtido por Vilela (2009), por se tratar de colheitas anuais. A pré-seleção dos clones só foi com intervalo de colheita de um ano para avaliar melhor o acamamento dos mesmos e assim se eliminar aqueles que acamam, levando em consideração que essa característica dificulta a colheita mecanizada. Vale mencionar que, o acúmulo de matéria seca em parcelas maiores, as características químicas-bromatológicas e o poder calorífico serão consideradas na seleção definitiva desses clones.

Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) entre os grupos de genótipos no que se refere as características químicas avaliadas (Tabela 3).

Os resultados para FDN, FDA, hemicelulose, lignina, celulose e cinzas, demonstram que os carboidratos estruturais e o conteúdo de material mineral dos genótipos entre os grupos se apresentaram muito semelhantes, para os quais foram encontrados valores médios de 75,60; 50,67; 24,92; 9,65; 0,39 e 41,02 respectivamente. É importante considerar que diante desses resultados, para esses genótipos de *Cenchrus* spp. pré-selecionados, as espessuras de colmo, em nível de grupo, não influenciaram as características de parede celular. No entanto, observa-se variação em valores absolutos dentro dos grupos (colmo fino (CF); colmo médio (CM) e colmo grosso (CG)) (Tabela 3). Neste sentido, o comportamento individual dos genótipos independente dos grupos para a espessura de colmo, tornou-se importante no processo de seleção, o que requer novas avaliações complementares em nível de competição. Assim, além da determinação de constituintes da parede celular, serão também consideradas como características importantes para o processo seletivo os teores de C, O, H, N, poder calorífico e o acúmulo de biomassa (MARAFON et al., 2016), em nível de genótipo.

#### Avaliação preliminar de genótipos de *Cenchrus* spp. para a geração de energia renovável

Chuvvas intensas concentradas em poucos dias e de forma localizada, intercaladas com grandes intervalos de dias sem chuvas (AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA, 2015a), ficando abaixo da média até novembro com desvios de -45% no Sertão, -34% no Agreste, -21% na Zona da Mata e -20% na Região Metropolitana do Recife (AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA, 2015b).

O estado de Pernambuco apresentou 95% de sua área sob o efeito de seca, sendo 85% com condição de seca extrema (S3). Os indicadores mostraram uma expansão das categorias de seca fraca (S0), moderada (S1) e grave (S2) em maio/2016 para o setor leste do Estado, devido à diminuição das chuvas no mês de junho, que é considerado o período chuvoso do leste do estado. Também foram verificadas mudanças na porção centro-norte de PE, onde se verificou um aumento na área de seca extrema (S3). Apenas a faixa litorânea permaneceu com continuidade de uma área sem seca (AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA, 2016).

Os resultados de características agrônômicas da primeira colheita realizada aos doze meses de crescimento se encontram na Tabela 4.

Existe variabilidade ( $P < 0,05$ ) entre os genótipos para todas as características avaliadas, com exceção da altura de planta (Tabela 4). De acordo com a seguinte escala de notas: 1. ereto, 2. semiereto e 3. aberto, os genótipos avaliados foram caracterizados como de hábito de crescimento ereto e semiereto, visando facilitar futuramente colheitas mecanizadas em cultivos comerciais. Os resultados também demonstram serem todos de porte elevado, com plantas medindo mais de três metros aos 12 meses de crescimento. O perfilhamento/m<sup>2</sup> variou 9,75 (IPA-40559) a 22,5 plantas/m<sup>2</sup> (IPA-40522), sendo estes diferentes ( $P < 0,05$ ) entre si, mas ambos similares ( $P > 0,05$ ) aos demais genótipos avaliados. Comportamento semelhante também

**Tabela 3.** Características químicas dos clones de *Cenchrus* spp. pré-selecionados para geração de energia classificados nos grupos Colmo Fino - CF, Colmo Médio - CM e Colmo Grosso - CG.

Grupo*	Rep.**	% FDN*	% FDA*	Hemicelulose*	Lignina ADL*	Cinzas*	Celulose*
CF	1	80,11	49,93	30,18	9,45	0,52	40,47
CF	2	80,07	55,82	24,25	11,18	0,41	44,64
CF	3	76,24	47,99	28,25	7,96	0,35	40,03
CF	4	75,46	46,44	29,02	8,78	0,44	37,66
CF	5	77,40	50,55	26,85	10,07	0,47	40,48
CF	6	79,13	49,42	29,71	9,54	0,30	39,88
CF	7	81,11	55,91	25,20	11,64	0,60	44,27
CF	8	73,67	47,76	25,91	9,62	0,61	38,13
CF	9	77,78	55,48	22,31	10,43	0,46	45,04
CF	10	71,38	45,01	26,37	7,95	0,36	37,06
CF	11	79,12	51,22	27,89	9,26	0,42	41,97
CM	1	75,42	49,07	26,35	8,00	0,36	41,07
CM	2	84,64	58,29	26,35	11,55	0,28	46,74
CM	3	75,79	55,89	19,90	9,16	0,31	46,73
CM	4	76,43	50,24	26,19	8,33	0,26	41,90
CM	5	75,05	49,15	25,90	9,88	0,46	39,26
CM	6	75,16	47,38	27,78	8,91	0,33	38,47
CM	7	77,27	51,46	25,81	9,53	0,50	41,93
CM	8	81,57	56,70	24,87	10,99	0,62	45,70
CM	9	77,17	54,39	22,78	10,21	0,54	44,18
CM	10	77,63	52,32	25,30	9,64	0,35	42,69
CM	11	78,97	56,01	56,01	12,69	0,47	43,32
CG	1	79,23	54,91	24,32	10,63	0,34	44,27
CG	2	76,93	53,92	23,01	10,77	0,25	43,16
CG	3	79,32	50,40	28,91	8,59	0,44	41,82
CG	4	79,15	55,01	24,15	11,44	0,43	43,57
CG	5	81,42	58,25	23,17	12,77	0,30	45,48
CG	6	78,52	53,38	25,14	10,38	0,53	43,01
CG	7	80,89	54,07	26,82	11,39	0,62	42,67
CG	8	77,51	53,66	23,85	11,74	0,23	41,92
CG	9	81,44	54,67	26,77	9,87	0,25	44,80
CG	10	77,81	55,36	22,45	11,27	0,34	44,09
CG	11	75,04	48,21	26,83	7,49	0,29	40,72
Média CF		77,41	50,50	26,90	9,63	0,45	40,88
Máximo CF		81,11	55,91	30,18	11,64	0,61	45,04
Mínimo CF		71,38	45,01	22,31	7,95	0,30	37,06
Média CM		77,74	52,81	27,93	9,90	0,41	42,91
Máximo CM		84,64	58,29	56,01	12,69	0,62	46,74
Mínimo CM		75,05	47,38	19,90	8,00	0,26	38,47
Média CG		78,84	53,80	25,04	10,58	0,37	43,23
Máximo CG		81,44	58,25	28,91	12,77	0,62	45,48
Mínimo CG		75,04	48,21	22,45	7,49	0,23	40,72
Média Geral		75,60	50,67	24,92	9,65	0,39	41,02
CV (%)		17,99	18,31	20,76	17,49	31,44	18,80
VG média		2,77	1,45	1,70	0,58	0,00	0,00
F		NS	NS	NS	NS	NS	NS

\*Não Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste F. VG = Variância genotípica; \*\*Rep. = Repetição dentro do grupo, a qual é representada por diferentes clones de mesma espessura de colmo. FDN = Fibra em detergente neutro; FDA = Fibra em detergente ácido; ADL = Lignina em detergente ácido; CV = Coeficiente de variação; F = Teste F.

foi constatado para espessura de colmo, sendo a amplitude de 13 (IPA-40521) a 18,8 mm (IPA-40025).

Observa-se ainda que o genótipo IPA-40051 ou Cuba 169 apresentou o maior acúmulo de biomassa em valores absolutos no que se refere a acúmulo de matéria seca (AMS) com uma produtividade de 39,14 t/ha aos 12 meses de crescimento

(Tabela 4). Entretanto, esse AMS não diferiu ( $P < 0,05$ ) de mais 12 genótipos (IPA-40132, IPA-40001, IPA-40025, IPA-40404, IPA-40482, IPA-40480, IPA-40521, IPA-40522, IPA-40588, IPA-40499, IPA-40544, IPA-40546), todos com alta %MS.

Os teores de carbono, hidrogênio, nitrogênio e poder calorífico da competição de Itambé estão apresentados na Tabela 5.

**Tabela 4.** Características morfológicas, produtivas e teor de MS de genótipos de *Cenchrus* spp. nas condições da Zona da Mata de Pernambuco.

Genótipos/ Trat.*	Hábito de Cresc.	Alt. Planta (m)	Perfilhos/m <sup>2</sup> /ano	Espessura (mm)	AMV/m <sup>2</sup> /ano	AMV (t/ha/ano)	AMS (t/ha/ano)	%MS
IPA-40132/1	1,50 ab	3,73 a	13,50 abc	16,88 ab	6,38 ab	63,75 ab	27,64 ab	43,34 abcde
IPA-40593/2	2,00 ab	3,18 a	21,50 ab	13,13 ab	3,48 b	34,75 b	17,07 b	48,06 abc
IPA-40001/3	2,50 ab	3,68 a	12,00 abc	17,20 ab	5,68 ab	56,75 ab	22,65 ab	39,42 bcde
IPA-40017/4	2,00 ab	3,20 a	17,75 abc	14,68 ab	4,15 ab	41,50 ab	16,88 b	40,51 bcde
IPA-40025/5	1,50 ab	3,48 a	13,00 abc	18,48 a	6,68 ab	66,75 ab	24,45 ab	36,56 e
IPA-40051/6	1,50 ab	3,68 a	18,00 abc	17,86 ab	9,53 a	95,25 a	39,14 a	41,69 bcde
IPA-40111/7	1,50 ab	3,45 a	10,75 bc	16,20 ab	4,20 ab	42,00 ab	16,60 b	40,20 bcde
IPA-40076/8	2,75 a	3,28 a	11,25 bc	16,32 ab	4,78 ab	47,75 ab	17,17 b	36,49 e
IPA-40077/9	2,25 ab	3,20 a	17,50 abc	13,67 ab	3,65 b	36,50 b	17,10 b	46,68 abcd
IPA-40404/10	2,75 a	3,40 a	17,00 abc	13,48 ab	5,05 ab	50,50 ab	26,75 ab	52,80 a
IPA-40482/11	1,75 ab	3,70 a	15,75 abc	17,37 ab	6,80 ab	68,00 ab	25,35 ab	37,96 cde
IPA-40480/12	1,75 ab	4,05 a	14,25 abc	16,45 ab	5,70 ab	57,00 ab	22,12 ab	39,42 bcde
IPA-40521/13	2,25 ab	3,85 a	18,75 abc	13,00 b	5,10 ab	51,00 ab	19,91 ab	39,00 bcde
IPA-40522/14	2,50 ab	3,88 a	22,50 a	13,73 ab	7,13 ab	71,25 ab	28,97 ab	40,97 bcde
IPA-40559/15	2,75 a	3,80 a	9,75 c	15,00 ab	4,15 ab	41,50 ab	17,03 b	40,88 bcde
IPA-40588/16	2,00 ab	3,45 a	21,50 ab	13,38 ab	3,78 b	37,75 b	18,41 ab	48,89 ab
IPA-40499/17	1,25 b	3,65 a	12,50 abc	16,60 ab	6,58 ab	65,75 ab	27,64 ab	41,70 bcde
IPA-40544/18	1,75 ab	3,53 a	16,75 abc	14,70 ab	5,68 ab	56,75 ab	24,58 ab	43,43 abcde
IPA-40546/19	2,00 ab	3,80 a	12,25 abc	16,72 ab	5,25 ab	52,50 ab	21,59 ab	41,73 bcde
IPA-40549/20	2,00 ab	3,65 a	14,00 abc	15,88 ab	3,83 b	38,25 b	14,54 b	37,84 de
CV (%)	25,07	9,63	27,41	13,22	38,19	38,19	37,53	9,18

Médias seguidas de igual (is) letra (s) na coluna não diferem pelo teste Tukey ( $P > 0,05$ ); CV = Coeficiente de variação; AMV = Acúmulo de matéria verde; AMS = Acúmulo de matéria seca aos 12 meses. \*Nº de ordem no BAG de *Cenchrus* spp. do IPA.

**Tabela 5.** Componentes elementares (carbono, hidrogênio e nitrogênio), poder calorífico superior (PCS) e inferior (PCI) de genótipos de *Cenchrus* spp. nas condições da Zona da Mata de Pernambuco.

Genótipos / nº BAG	%C *	%H *	%N	PCS (kcal/kg)	PCI (kcal/kg)
Venezuela/IPA-40132	43,63	5,61	0,70 a	4302 b	3999 b
IRI-381/IPA-40593	43,14	5,89	0,67 a	4296 b	3978 b
Cameroon/IPA-40025	44,18	5,76	0,49 b	4419 a	4108 a
Cuba 169/IPA-40051	43,68	5,71	0,52 b	4379 a	4071 a
Itambé NI/IPA-40482	43,94	3,79	0,43 b	4364 a	4055 b
Itambé I/IPA-40480	43,74	5,72	0,36 c	4379 a	4174 a
Napier 472/IPA-40521	43,64	5,66	0,36 c	4347 a	4037 b
HV 241/IPA-40588	43,42	5,66	0,35 c	4285 b	3979 b
Mineirão/IPA-40499	44,54	5,66	0,26 c	4421 a	4115 a
Itambé 5.7/IPA-40546	42,99	5,66	0,47 b	4291 b	3985 b
CV (%)	1,48	18,83	18,40	1,26	1,38

\* Diferença não significativa entre os tratamentos (Anova). Médias seguidas de diferentes letras na coluna diferem pelo teste Skott-Knott ( $P < 0,05$ ). CV = Coeficiente de variação.

O ideotipo de clones de *Cenchrus* spp. com potencial para combustão direta da biomassa foi caracterizado como de crescimento ereto, porte alto, alto AMS e alto teor de MS. Os genótipos Cuba 169, Mineirão, Venezuela e Cameroon, sob frequência de corte anual, são exemplares desta caracterização.

O teor de matéria seca que pode variar com o genótipo e a idade da planta (SILVA, 2006) interfere no Poder Calorífico Útil (PCU) da biomassa colhida, ou seja, quanto maior a %MS da massa colhida, maior será seu PCU. Desta forma, em uma competição de genótipos para queima direta, quando a geração de energia por unidade de área (kcal/ha) for similar, aquele de maior teor de MS deve ser selecionado.

A multiplicação do poder calorífico superior pelo acúmulo de matéria seca permite estimar que Cuba 169, Mineirão, Venezuela e Cameroon geraram, respectivamente, 171.394.060; 122.196.440; 118.407.280 e 108.044.550 kcal/ha/ano em

Itambé-PE. Esses resultados apontam uma superioridade do cv. Cuba 169 para geração de energia/queima direta nas condições da Zona da Mata pernambucana.

Na Tabela 6 são apresentados caracteres produtivos e teor de MS da competição de São Bento do Una. Quanto aos teores de carbono, hidrogênio, nitrogênio e poder calorífico desta competição estão apresentados na Tabela 7.

A energia contida em um combustível é diretamente proporcional ao seu poder calorífico, no caso da madeira, o PCS é de 4.440 kcal/kg e o PCI é de 4.128 kcal/kg (MARAFON et al., 2016). Neste sentido, tomando o poder calorífico da madeira como base, é possível dizer que foram identificados genótipos de *Cenchrus* spp. de alto poder calorífico (Tabelas 5 e 7).

O Mineirão, IRI-381, Venezuela, IPA-40314, IPA-40325 e IPA-40199 se destacaram quanto ao acúmulo de matéria seca nas condições do Agreste pernambucano (São Bento do Una), não

**Tabela 6.** Características produtivas e teor de MS de genótipos de *Cenchrus* spp. nas condições do Agreste pernambucano, região Semiárida do Estado.

Genótipos / nº BAG	Desejabilidade	AMS (t/ha/ano)	%MS
Mineirão/ IPA-40499	2 a	18,65 a	32,5 b
IPA-40314	2,25 a	15,03 a	34 b
IPA-40016	2 a	10,88 b	32,5 b
IRI-381/IPA- IPA-40593	2 a	19,05 a	39,5 a
Venezuela/IPA- IPA-40132	2 a	16,82 a	35 b
IPA-40578	3 b	7,54 b	41,75 a
IPA-40264	2,75 b	12,49 b	37,75 a
IPA-40588	2,75 b	9,71 b	38,5 a
IPA-40325	2,25 a	14,65 a	35,5 b
IPA-40194	3 b	10,33 b	43,25 a
IPA-40216	2,5 b	12,02 b	39 a
IPA-40214	3 b	5,94 b	43,75 a
IPA-40199	2,75 b	13,62 a	40,5 a
IPA-40354	2,75 b	12,26 b	44,5 a
CV (%)	24,98	35,37	10,69

Médias seguidas de diferentes letras na coluna diferem pelo teste Sktott-Knott (P<0,05).

**Tabela 7.** Componentes elementares (carbono, hidrogênio e nitrogênio), poder calorífico superior (PCS) e inferior (PCI) de genótipos de *Cenchrus* spp. nas condições do Agreste pernambucano, região Semiárida do Estado.

Genótipos / nº BAG	%C	%H*	%N	PCS (kcal/kg)	PCI (kcal/kg)
Mineirão/ IPA-40499	44,54 a	5,66	0,26 f	4421 a	4115 a
IPA-40314	42,68 c	5,83	0,66 a	4339 a	4024 b
IPA-40016	42,44 d	5,74	0,38 e	4260 b	3943 b
IRI-381/IPA- IPA-40593	41,68 d	5,77	0,48 d	4296 b	3978 b
Venezuela/IPA- IPA-40132	42,85 c	5,77	0,48 d	4302 b	3999 b
IPA-40578	43,29 b	5,73	0,35 e	4319 a	4009 b
IPA-40264	42,43 d	5,51	0,56 c	4288 b	3990 b
IPA-40588	42,41 d	5,64	0,62 b	4281 b	3976 b
IPA-40325	42,12 d	5,73	0,57 c	4263 b	3953 b
IPA-40194	42,30 d	5,79	0,54 c	4392 a	4080 a
IPA-40216	41,99 d	5,71	0,39 e	4204 b	3896 b
IPA-40214	42,30 d	5,83	0,52 c	4286 b	3971 b
IPA-40199	43,28 b	5,76	0,55 c	4358 a	4047 b
IPA-40354	42,50 d	5,70	0,70 a	4295 b	3987 b
CV (%)	0,73	2,76	6,93	1,31	1,50

Médias seguidas de diferentes letras na coluna diferem pelo teste Sktott-Knott (P<0,05). \*Diferença não significativa entre os tratamentos (Anova); C = Carbono; H = Hidrogênio; N = Nitrogênio; CV = Coeficiente de variação.

havendo diferença ( $P > 0,05$ ) entre os genótipos. Ao considerar o poder calorífico superior desses genótipos, foram gerados 82.451.650; 81.838.800; 72.359.640; 65.215.170; 62.452.950 e 59.355.960 kcal/ha/ano, na mesma sequência que os genótipos foram citados. Os cultivares Mineirão e IRI-381 demonstram superioridade quanto a geração de energia nas condições do Semiárido pernambucano.

## Conclusões

No BAG de *Cenchrus* spp. do IPA existem genótipos com potencial para energia renovável (queima direta).

O ideotipo de clones de *Cenchrus* spp. com potencial para queima direta apresenta crescimento ereto, porte alto, alto acúmulo de matéria seca e alto teor de matéria seca.

Na Zona da Mata Norte de Pernambuco, os genótipos Cuba 169, Mineirão, Venezuela e Cameroon, sob frequência de corte anual, apresentaram o ideotipo para queima direta, com destaque para o Cuba 169 por ter gerado 171.394.060 kcal/ha/ano no município de Itambé.

O Mineirão, IRI-381, Venezuela, IPA-40314, IPA-40325 e IPA-40199 se destacaram quanto ao acúmulo de matéria seca nas condições do Agreste pernambucano. Dentre estes, o Mineirão e IRI-381 foram superiores quanto a geração de energia, com respectivas produtividades de 82.451.650 e 81.838.800 kcal/ha/ano em Bento do Una-PE.

Os clones identificados como de maior potencial para geração de energia via queima direta da biomassa, no Estado de Pernambuco, são cultivares de *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone (capim-elefante), classificados na categoria colmo grosso (Cuba 169 e Mineirão) e categoria colmo fino (IRI-381).

Apesar dos avanços alcançados neste trabalho, novos estudos devem ser realizados, primeiramente por ser uma linha de pesquisa relativamente nova e pela a grande instabilidade climática durante as avaliações.

## Referências

- AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA – APAC. **Boletim do Clima:** Síntese climática. Recife: APAC. v. 3, n. 1, jun. 2015a, 24 p.
- AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA – APAC. **Boletim do Clima:** Síntese climática. Recife: APAC. v. 3, n. 2, novembro 2015b, 34 p.

- AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA – APAC. **Boletim do Clima:** Síntese climática. Recife: APAC. v. 4, n. 6, junho 2016, 32 p.
- Borges, L. S.; Aquino, F. C.; Evangelista, A. F. Potencial do capim elefante para geração de bioenergia. **Nutritime Revista Eletrônica**, Viçosa, v. 13, n. 1, p. 4518-4523, 2016.
- Cruz, C. D. **Programa GENES** - Aplicativo Computacional em Genética e Estatística. Viçosa: Editora UFV, 1997.
- Dantas, J. G. et al. Estrutura do componente arbustivo/arbóreo de uma área de Caatinga situada no município de Pombal-PB. **Revista Verde**, Mossoró, v. 5, n. 1, p. 134-142, 2010.
- Granja, C. V. A. et al. Degradação ambiental: exploração de gipsita no polo gesseiro do Araripe. **Revista Multidisciplinar e de Psicologia**, Juazeiro do Norte, v. 11, n. 36, 2017. Disponível em: <<https://idonline.emnuvens.com.br/id/article/view/782>>. Acesso em: 26 jul. 2019.
- Marafon, A. C. et al. **Poder calorífico do capim-elefante para geração de energia termica**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2016. 28 p.
- Mazzarella, V. N. G.; Urquiaga, S. Capim-elefante como fonte de biomassa para siderurgia. In: WORKSHOP SOBRE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE FERRO-GUSA, 2006, Ouro Preto. **Anais...** São Paulo: IPT, 2006.
- Mello, A. C. L. et al. Caracterização e seleção de clones de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) na Zona da Mata de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 30-42, 2002.
- Motta, T.; Alves, L. Crise faz famílias trocarem gás por lenha para cozinhar. **O TEMPO**, 22 maio 2019. Disponível em: <<https://www.otempo.com.br/brasil/crise-faz-familias-trocarem-gas-por-lenha-para-cozinhar-1.2185231>>. Acesso em: 5 set. 2019.
- Silva, D. J.; Queiroz, A. C. **Análises de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2002. 235 p.
- Silva, M. C. **Avaliação de descritores morfológicos e seleção de diferentes tipos de progênies de *Pennisetum sp.*** 2006. 85 f. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2006.
- Santos, J.P.O.; El-Deir, S.G. Produção de gesso no Araripe pernambucano: Impactos ambientais e perspectivas futuras. **Revista AIDIS**, Cidade do México, v. 12, n.3, p. 496-509, 2019.
- Vilela, H. **Produção de Briquete de Capim Elefante**. Portal Agronomia, 2009.

Recebido: 11 maio. 2021  
Aprovado: 11 julho 2022