

DENSIDADE DE PLANTIO NA SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE  
CAPIM-ELEFANTE PARA FINS ENERGÉTICOS

**LÍLIA MARQUES GRAVINA**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE

DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
MARÇO – 2019

# DENSIDADE DE PLANTIO NA SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE PARA FINS ENERGÉTICOS

**LÍLIA MARQUES GRAVINA**

Tese apresentada ao Centro de Ciências e  
Tecnologias Agropecuárias da Universidade  
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,  
como parte das exigências para obtenção do  
título de Doutora em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Rogério Figueiredo Daher

Campos dos Goytacazes-RJ

MARÇO - 2019

**FICHA CATALOGRÁFICA**

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

G777

Gravina, Lilia Marques.

DENSIDADE DE PLANTIO NA SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE PARA FINS ENERGÉTICOS / Lilia Marques Gravina. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2019.

73 f. : il.

Bibliografia: 41 - 54.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2019.

Orientador: Rogerio Figueiredo Daher.

1. Bioenergia. 2. Produção de matéria seca. 3. análise multivariada. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

# DENSIDADE DE PLANTIO NA SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE PARA FINS ENERGÉTICOS

**LÍLIA MARQUES GRAVINA**

Tese apresentada ao Centro de Ciências e  
Tecnologias Agropecuárias da Universidade  
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,  
como parte das exigências para obtenção do  
título de Doutora em Produção Vegetal.

Aprovada em 28 de março de 2019

Comissão Examinadora

---

Prof. Francisco de Alcântara Neto (D.Sc., Fitotecnia) – UFPI

---

Prof. Claudio Luiz Melo de Souza (D.Sc., Economia Agrícola) – UENF

---

Prof. Marcelo Vivas (D.Sc., Genética e Melhoramento de Plantas) – UENF

---

Prof. Rogério Figueiredo Daher (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF  
(Orientador)

Dedico...

Aos meus pais Eni e Eurípedes;

Aos meus filhos Roberta, Gerlene e Gabriel por serem meu alicerce mais que especial!!!!

## AGRADECIMENTOS

Foram muitos os que me ajudaram a concluir este trabalho.

Meus sinceros agradecimentos...

... a Deus por permitir que eu realizasse esta viagem até aqui;

... à minha família e em especial para os meus pais Eurípedes e Eni por terem me acompanhado por todo o caminho sempre incentivando e apoiando;

... ao meu marido Geraldo Gravina por toda a dedicação, por me fazer acreditar que seria capaz, por todos os momentos partilhados, por ser meu porto seguro, pois sem você em minha vida nada disso seria possível;

... aos meus presentes de Deus, meus filhos, Roberta, Gerlene e Gabriel, razão da minha existência;

... ao meu querido e tão amado neto Miguel que com toda sua energia trouxe alegria na minha vida me presenteando com a dádiva de ser avó;

... aos meus queridos irmãos Cristiane e Wanderson, que tanto amo;

... à Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e ao LEAG, pelo apoio e pela oportunidade para a realização desta conquista;

... à Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior (CAPES) – Brasil – código de financiamento 001 pela concessão de bolsa de estudos, necessária à conclusão deste curso;

... ao meu orientador, Rogério Figueiredo Daher, pela oportunidade concedida, pela atenção, estímulo e amizade ao longo de todo este trajeto;

... aos professores Dr. Cláudio Luiz Melo de Souza, Dr. Francisco de Alcântara Neto e Dr. Marcelo Vivas, por aceitarem gentilmente em participar da minha banca e por todas as valiosas contribuições para este trabalho;

... aos Técnicos de Campo da PESAGRO, por toda a ajuda durante as avaliações do experimento, agradeço em especial a Dorian Peres, Fernando, Júlio César e Romildo Gottardo, por todo carinho e empenho recebido;

... aos professores do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal por todo conhecimento compartilhado, os quais foram fundamentais em toda minha trajetória acadêmica;

... à equipe de alunos do capim-elefante, Ana Kesia, Alexandre Gomes, Avelino Rocha, Derivaldo Pureza, Erina Rodrigues, Rafael Freitas, Sabrina Cassaro, Wanessa Stida, Yure Pequeno, por toda a ajuda na coleta de dados no campo, pela amizade e momentos de descontração;

E a todos os demais que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste sonho.

*“Esqueçamos todas as expressões inferiores do dia de ontem e avancemos para os dias iluminados que nos esperam”.  
(Filipenses, 3: 12-14).*



## SUMÁRIO

|   |     |
|---|-----|
| RESUMO .....  | vii |
| ABSTRACT .....  | x   |
| 1. INTRODUÇÃO .....   | 1   |
| 2. OBJETIVOS.....   | 3   |
| 2.1 Objetivo geral.....   | 3   |
| 2.2 Objetivos específicos.....  | 3   |
| 3. REVISÃO DE LITERATURA.....   | 4   |
| 3.1 Origem e aspectos botânicos do capim-elefante.....                          | 4   |
| 3.2 Descrição morfológica.....  | 5   |
| 3.3 Características edafoclimáticas.....  | 6   |
| 3.4 Grupo das cultivares.....   | 6   |
| 3.5 Capim-elefante: potencial energético.....                                   | 7   |
| 3.6 Arranjo espacial e densidade populacional para produção de<br>biomassa..... | 10  |
| 3.7 Análise Multivariada – Componentes principais.....                          | 11  |
| 3.8 A Técnica GT <i>Biplot</i> .....  | 13  |
| 4 MATERIAL E MÉTODOS.....   | 16  |
| 4.1 Características avaliadas.....  | 19  |
| 4.2 Modelo estatístico e análise estatística dos dados.....                     | 20  |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....  | 23  |

|   |    |
|---|----|
| 5.1 Análise conjunta dos quatro cortes..... | 23 |
| 6. RESUMO E CONCLUSÕES.....                 | 40 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....             | 41 |
| ANEXOS.....                                 | 55 |

## RESUMO

GRAVINA, Lília Marques; D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; março de 2019; Efeito do espaçamento entre linhas e seleção de genótipos de capim-elefante para biomassa via análise GT *BIPLLOT*. Orientador: Prof. Dr. Rogério Figueiredo Daher.

O capim-elefante é uma das culturas mais promissoras para a produção de energia, pois sua biomassa pode ser utilizada para queima em caldeiras ou para a produção de carvão, devido seu alto poder calorífico, alta produtividade, propagação vegetativa, ciclo relativamente curto (mais de um corte por ano), quando comparado com outras culturas. Para tanto, esta pesquisa objetivou avaliar a influência do espaçamento entrelinhas (população de plantas) no desempenho produtivo de genótipos promissores do programa de melhoramento genético do capim-elefante da UENF. O experimento foi instalado na área experimental do Centro Estadual de Pesquisas em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos da PESAGRO-Rio, em Campos dos Goytacazes-RJ, num delineamento experimental de blocos ao acaso, em fatorial, no esquema de parcelas subdivididas sendo utilizado quatro espaçamentos na parcela (0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 m) e 12 genótipos provenientes do Banco Ativo de Germoplasma de Capim-elefante (BAGCE) CCTA-UENF nas subparcelas. A unidade experimental foi composta de uma linha de 3 m de comprimento, sendo a área central da parcela de 2 m considerada como área útil. Foram analisados cortes semestrais durante dois anos, totalizando quatro cortes, onde avaliou-se as seguintes

características morfoagronômicas: altura da planta, diâmetro do colmo, número de perfilho, largura e comprimento da lâmina foliar, percentual e produtividade de matéria seca. Foram feitas análise de variância e gráficos *BIPLOTs*, onde foi possível observar que houve diferenças significativas entre os genótipos, entre os espaçamentos avaliados, épocas de colheita (cortes) e para a interação genótipos x espaçamentos para a maioria das características estudadas. O primeiro corte, foi mais produtivo do que os demais, independente do genótipo ou do espaçamento utilizado, entretanto a maior produtividade de biomassa de capim-elefante por hectare foi observada no espaçamento mais adensado. Os genótipos mais produtivos foram o G6 (Guaçu/IZ2), G7 (Gramafante), G11 (Pasto panamá) e o G12 (03 AD IRI), sendo superiores aos demais para peso seco por metro linear e para a produtividade de matéria seca por hectare, para todos os espaçamentos utilizados, na média dos 4 cortes. A análise multivariada GT *BIPLOT* revelou que a produtividade de matéria seca apresentou alta correlação positiva com o peso seco e diâmetro do colmo. Os genótipos 7, 11 e 12 se destacaram por ostentarem as maiores médias gerais e também foram os mais estáveis, sendo que os genótipos 11 e 12 foram considerados como os ideais.

Palavras-chave: *Pennisetum purpureum* Schum., Bioenergia, Produção de matéria seca, análise multivariada.

## ABSTRACT

GRAVINA, Lília Marques; D.Sc .; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; March 2019; Effect of line spacing and selection of elephantgrass genotypes for biomass via *gt biplot* analysis. Advisor: Dr. Rogério Figueiredo Daher.

Elephant grass is one of the most promising crops for energy production because its biomass can be used for burning in boilers or for coal production due to its high calorific value, high productivity, vegetative propagation, relatively short cycle (more of one cut per year) when compared to other crops. In order to do so, this research aimed to evaluate the influence of row spacing (plant population) on the productive performance of promising genotypes of the UENF elephant grass genetic improvement program. The experiment was carried out in the Experimental Area of the PESAGRO-Rio State Research Center for Agroenergy and Waste Utilization in Campos dos Goytacazes-RJ, in an experimental design of randomized blocks, in factorial, in the scheme of subdivided plots using four spacings in the plot (0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 m) and 12 genotypes from the Active Bank of Elephant Grass Germplasm (BAGCE) CCTA-UENF in the subplots. The experimental unit was composed of a 3 m long line, the central area of the 2 m plot considered as a useful area. The following morphological characteristics were evaluated: plant height, stalk diameter, till number, leaf blade width and length, percentage and dry matter yield. Variance analysis and BILOT charts were performed, where it was possible to observe that there were significant differences

between the genotypes, between the spacings evaluated, harvest times (cuts) and for the interaction genotypes x spacings for most of the studied characteristics. The first cut was more productive than the others, regardless of the genotype or the spacing used. However, the highest productivity of elephantgrass biomass per hectare was observed in the most denser spacing. The most productive genotypes were G6 (Guaçu / IZ2), G7 (Gramafante), G11 (Pasto panamá) and G12 (03 AD IRI), being superior to the others for dry weight per linear meter and for dry matter hectare, for all the spacings used, in the average of the 4 cuts. The multivariate analysis of the BIPLLOT GT revealed that the dry matter yield showed a high positive correlation with dry weight and stem diameter. Genotypes 7, 11 and 12 showed the highest overall averages and were also the most stable, with genotypes 11 and 12 being considered the ideal.

Key words: *Pennisetum purpureum* Schum., Bioenergy, Dry matter production, multivariate analysis.

## 1. INTRODUÇÃO

A busca por novas fontes de energias alternativas, nas últimas décadas, tem se revelado como uma meta diante da grande preocupação mundial com o aquecimento global. O gradual aumento da temperatura no planeta, a redução das reservas de petróleo e o apelo para o uso de fontes de combustíveis renováveis são destaques que colocam a biomassa como uma perspectiva futura em prol da sua utilização como energia renovável (Monti et al., 2007; May et al., 2010; Nakashima et al., 2014). Sabe-se, entretanto, que essa relação entre oferta e demanda de energia mundial é preocupante, pois por um lado esbarra no desprendimento das fontes de energias fósseis, tais como: petróleo e seus derivados e, por outro lado, está a necessidade da conservação do meio ambiente com a utilização de produtos que não o degradem, o que viabilizaria o equilíbrio do clima do planeta (Scarlat et al., 2011).

Diante deste cenário, a produção de energia alternativa, proveniente do cultivo do capim-elefante (*Cenchrus purpureus* (Schumach.)), é visto como fonte promissora para o setor energético, uma vez que possui vantagens de cunho econômico e ambiental, além de ser capaz de reduzir as emissões do dióxido de carbono e possuir baixo custo (Ibrahim et al., 2014).

Essa forrageira tropical, por décadas tem sido utilizada por pecuaristas visando o aumento de produção de leite e carne. No entanto, nos últimos anos, vem despertando o interesse dos pesquisadores na busca de novas alternativas energéticas para a produção de biomassa (Urquiaga et al., 2004).

Na região Norte do estado do Rio de Janeiro, mais especificamente, em Campos dos Goytacazes encontram-se um dos maiores polos ceramistas e segundo do País com mais de 100 indústrias que geram cerca de 6.000 empregos diretos (DRM, 2014), onde se utilizam a queima de madeira para geração de calor. Não obstante, se faz urgente pensar devido a uma série de questões de ordem ambiental, em novas fontes de biomassa vegetal voltadas para produção de energia para o abastecimento consciente dessas empresas (Pacheco, 2006; Ramos et al., 2006; Alexandre et al., 2007).

O programa de melhoramento genético do capim-elefante, desenvolvido pela UENF, tem selecionado genótipos com características desejáveis para a produção de biomassa (Lima et al., 2011; Barbé, 2012; Rossi et al., 2014; Daher et al., 2014; Menezes et al., 2014; Oliveira et al., 2014; Santos et al., 2014; Rocha et al., 2015; Souza et al., 2017; Freitas et al., 2018). A partir destes trabalhos, 12 genótipos foram selecionados do Banco ativo de germoplasma do capim-elefante (BAGCE) CCTA-UENF, com elevadas produtividades e com boa qualidade para uso em biomassa. Entretanto, estudos fitotécnicos no tocante à combinação ideal de espaçamentos entre linhas e estande final de plantas por hectare ainda são necessários para o melhor aproveitamento das áreas cultiváveis e melhor rendimento de biomassa do capim-elefante, na região Norte Fluminense.

Para tanto foram utilizadas análises multivariadas na seleção de genótipos promissores de capim-elefante, visando à produção de biomassa para geração de energia e por meio do método GT *BIPLLOT* foi possível avaliar, simultaneamente, todas as variáveis. E conforme atestam Yan, 2014; Maia et al., 2016; Oliveira et al., 2018 essa ferramenta gráfica pode identificar os genótipos mais estáveis.

Diante do exposto, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes densidades de plantio na seleção de genótipos promissores de capim-elefante visando à produção de biomassa para geração de energia.



## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito de diferentes densidades de plantio na seleção de genótipos promissores de capim-elefante para fins bioenergéticos.

### 2.2. Objetivos específicos

Estudar a interação dos genótipos por espaçamentos na cultura do capim-elefante;

Estimar a densidade populacional adequada para a cultura do capim-elefante para produção de biomassa para a região Norte Fluminense;

Estudar a relação entre os componentes da produção e o rendimento em biomassa do capim-elefante.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Origem e aspectos botânicos do capim-elefante

O capim-elefante é originário da África Tropical, mais especificamente das regiões de Guiné, Quênia, Moçambique, Angola e Zimbábue. Foi descrito taxonomicamente em 1827 como *Pennisetum purpureum* (Schumach.) (Tcacenco e Botrel, 1997), mas com as modificações ocorridas ao longo dos anos a espécie recebeu nova denominação com a mudança de gênero e atualmente é descrita como *Cenchrus purpureus* (Schumach.), entretanto apenas em 1905 seu valor forrageiro foi descoberto pelo Coronel Napier Springer e difundido por toda África tropical (Rodrigues et al., 1975; Chemisquy et al., 2010).

Seu cultivo nas Américas ocorreu inicialmente nos Estados Unidos por volta de 1913, e a partir daí disseminou-se pela América Central e América do sul. No Brasil o cultivo dessa forrageira ocorreu por volta de 1920, no Rio Grande do Sul, com as estacas trazidas dos Estados Unidos e, em 1921, no estado de São Paulo por meio de mudas vindas de Cuba (Bennet, 1976; Faria, 1994; Carvalho et al., 1997; Deresz, 1999; Rodrigues et al., 2001; Lima et al., 2010). Atualmente, é encontrado em todo território brasileiro e se caracteriza por possuir distribuição cosmopolita (Pereira et al., 2008).

É pertencente à família Poaceae, à subfamília Panicoideae, à tribo Paniceae. Existem cerca de 650 gêneros e 9000 espécies, porém no Brasil ocorrem 180 gêneros e 1500 espécies (Souza, 2005). O gênero *Cenchrus* L.

compreende cerca de 140 espécies, e a mesma se encontra distribuída em toda faixa tropical e subtropical em todo o mundo (Brunken, 1977; Pereira, 1993; Xavier et al., 1995). Carvalho (1985) relata que o capim-elefante também é conhecido como Capim-Napier, Capim-Cameroon e Capim-Cana, e segundo Pereira et al. (2001) como Pasto-Gigante, Capim-Cana Africana, entre outros nomes, o que vem demonstrar a ampla diversidade de nomes dessa Poaceae. Com relação à referida família Poacea, existem alguns gêneros que possuem importância forrageira tais como: *Urochloa*, *Megathyrsus* e *Setaria*, porém o capim-elefante é uma das espécies mais conhecidas e de maior importância econômica do gênero (Chemisquy et al., 2010).

Ainda segundo os autores supracitados, estudos filogenéticos morfológicos e moleculares da gramínea subfamília Panicoideae mostraram que *Pennisetum* Rich. e *Cenchrus* L. são gêneros intimamente relacionados dentro da mesma tribo *Paniceae*. Este clado inclui aproximadamente 25 gêneros (*Cenchrus*, *Ixophorus* Schtdl., *Paspalidium* Stapf, *Pennisetum* e *Setaria* P. Beauv. entre outros) e é caracterizado pela presença de cerdas nas inflorescências.

### 3.2 Descrição morfológica

O capim-elefante se caracteriza por ser uma poacea perene de crescimento cespitoso, podendo atingir até 6 metros de altura. Possui colmos eretos dispostos na forma de touceira com rizomas curtos, folhas com inserções alternas de cor verde escura. Suas folhas possuem nervura central larga e de coloração esbranquiçada, bainha lanosa, invaginante, fina e estriada.

A sua inflorescência tem a forma de panícula primária e terminal, especiforme, cilíndrica, reta, podendo ser solitária ou em conjunto no mesmo colmo. Sua panícula pode ter, em média, 15 cm de comprimento, formada por espiguetas envolvidas por um tufo de cerdas de tamanhos desiguais e de coloração amarelada ou púrpura.

Apresenta perfilhos aéreos e basilares, podendo formar densas touceiras, apesar de não cobrirem totalmente o solo (Alcântara e Bufarah, 1983; Sousa et al., 2016).

Os colmos podem chegar a três cm de espessura na base. Podem se formar até 20 entrenós geralmente lisos de coloração amarelada às vezes com

pigmentação avermelhada e nós entumecidos. As lâminas das folhas apresentam de 30 - 90 cm de comprimento e até 2,5 cm de largura com bainhas lisas e glabras ou ásperas e pilosas na face ventral (Instituto Hórus, 2005).

### 3.3 Condições edafoclimáticas

O capim-elefante se caracteriza por ser uma espécie bastante rústica, capaz de se adaptar a várias texturas de solos, por possuir elevadas produções de matéria seca, persistência e tolerância à seca, podendo-se destacar segundo Rodrigues et al. (1975); Jacques (1990) e Alcântara e Bufarah (1983):

- Solo – adapta-se a diferentes tipos de solo, com exceção dos solos mal drenados, com possíveis inundações. Não há registros de tolerância à salinidade.

- Topografia – pode ser cultivada em terrenos com declives de até 25 % devido ao seu baixo controle da erosão do solo.

- Fertilidade – é exigente em relação aos nutrientes; e não tolera baixo pH e alumínio no solo.

- Altitude – desde o nível do mar até 2.200 metros, sendo mais adaptado à altitudes de até 1.500 metros.

- Temperatura – de 18 a 30 °C, sendo 24 °C uma boa temperatura. Dependendo da cultivar, pode suportar o frio e até geadas.

- Precipitação – De 800 a 4.000 mm. Desenvolve-se bem em regiões quentes e úmidas com precipitação anual de mais de 1.000 mm. No entanto cerca de 70- 80 % de sua produção ocorre na época das águas. Possui baixa tolerância à seca, o que pode levar a uma baixa produção se a cultura não estiver bem estabelecida (raízes profundas).

- Radiação – Dificilmente se satura em ambientes com elevada radiação solar. Isso se deve a sua alta eficiência fotossintética.

### 3.4 Grupos das cultivares

Segundo Bogdan (1977) e Pereira (1993), as cultivares de capim-elefante foram divididas em 5 grupos por apresentarem ampla variabilidade e de acordo com a época de florescimento, pilosidade da planta, diâmetro do colmo, formato da touceira, largura da folha, número e tipo de perfilhos. Entretanto, Pereira, em 1993, classificou os grupos de cultivares como:

- Grupo Anão: cultivares adaptadas para pastejo em função do menor comprimento dos entrenós. As plantas que apresentam porte baixo (1,5 m) e elevada relação lâmina: colmo. Exemplo: cultivar Mott.

- Grupo Cameroon: plantas de porte ereto, colmos grossos, predominância de perfilhos basilares, folhas largas, florescimento tardio (maio a julho) ou ausente, e touceiras densas. Exemplos: Cameroon, Piracicaba, Vruckwona e Guaçu.

- Grupo Mercker: plantas de menor porte, colmos finos, folhas finas, menores e mais numerosas, e época de florescimento precoce (março a abril). Exemplos: Mercker, Mercker comum, Mercker Pinda.

- Grupo Napier: plantas com colmos grossos, folhas largas, época de florescimento intermediária (abril a maio) e touceiras abertas. Exemplos: Napier, Mineiro e Taiwan A-146.

- Grupo dos Híbridos: Resultantes do cruzamento entre espécies de *Pennisetum*, principalmente *P. purpureum* e *P. americanum*.

A espécie é caracterizada como ereta, cespitosa, de porte elevado podendo atingir até cinco metros de altura, suas inflorescências são do tipo panículas cilíndricas com abundante lançamento de perfilhos aéreos e basais (Bogdan, 1977; Xavier et al., 1995; Pereira et al., 2001).

### 3.5 Capim-elefante: potencial energético

As plantas assimilam o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) para realizarem a fotossíntese e por meio desse mecanismo geram energia necessária para a sua sobrevivência. Ao longo do processo evolutivo estas desenvolveram mecanismos distintos para a fixação de  $\text{CO}_2$ , diferindo quanto a sua eficiência e aproveitamento de água. Com isso surgiram três metabolismos fotossintéticos diferentes sendo chamados de plantas C3, C4 e CAM.

O capim-elefante é uma Poacea que possui como destaque o metabolismo fotossintético do tipo C4 o que lhe confere uma excelente fonte de energia alternativa devido à sua alta eficiência fotossintética. Essa espécie é capaz de aproveitar a energia solar convertendo rapidamente em biomassa e essa característica que lhe é peculiar vem despertando o interesse em pesquisas que visem minimizar o impacto ambiental otimizando a utilização da energia limpa (Carvalho et al., 1997; Pereira et al., 2008; Rocha et al., 2017).

Plantas com o metabolismo C4 possuem a capacidade de fixar o  $\text{CO}_2$  mais eficientemente que as plantas C3 e CAM. Essa fixação eficiente de  $\text{CO}_2$  é uma das características relevantes do capim-elefante, conforme esclarece Fontoura et al. (2015) e pode contribuir para a formação de biomassa vegetal (Lemus et al., 2002) e na capacidade de acumulação de matéria seca.

O processo fotossintético no capim-elefante ocorre no momento em que o carbono é fixado e segundo análises bioquímicas foi possível observar que essa espécie produz predominantemente malato (Gutierrez et al., 1976). O malato é transportado para as células circundantes da bainha do feixe vascular, onde a enzima descarboxiladora predominante é a NADP-málica, que catalisa a formação de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NADPH}_2$  e piruvato (Passos, 1999; Taiz et al., 2017).

A espécie *Cenchrus purpureus* (Schumach.) está entre as Poaceas de maior capacidade de acumulação de matéria seca, por possuir propriedades qualitativas favoráveis para o uso bioenergético, tais como: altos teores de fibras, baixos teores de proteínas, alta relação carbono/nitrogênio (C/N), alta relação colmo/folha (C/F), alto poder calorífico e baixo teor de cinzas, além de contribuir de forma eficiente para aumentar o conteúdo de matéria orgânica do solo e para o sequestro de carbono da atmosfera, características estas divergentes dos

genótipos destinados à alimentação animal (Urquiaga et al., 2006; Flores, 2009; Oliveira et al., 2012; Rocha et al., 2017; Vidal et al., 2017).

Na busca por novas fontes de biomassa sustentáveis com fins energéticos, o capim-elefante se destaca devido às suas características qualitativas e quantitativas de biomassa. Sua biomassa seca pode gerar 25 unidades de energia para cada uma de origem fóssil consumida na sua produção (Osava, 2007). Por ser uma espécie de crescimento rápido pode, ainda, ser utilizado não apenas na combustão direta, mas também para produção de carvão vegetal.

Com o intuito de diminuir o impacto dos gases poluentes na atmosfera e com isso promover melhorias significativas nas condições climáticas, algumas iniciativas têm sido tomadas ao redor do mundo por países preocupados com a temperatura do planeta. Tais iniciativas visam, sobretudo, à preservação do clima do planeta, como por exemplo, o Protocolo de Quioto e Rio 21 (Silva et al., 2011). Em 1997, 176 países assinaram o protocolo de Quioto com a finalidade de promover a diminuição das emissões de CO<sub>2</sub> (gás carbônico) para a atmosfera contribuindo para a diminuição do efeito estufa no planeta (Rocha, 2007; Boddey et al., 2004).

Países com altas emissões de CO<sub>2</sub> podem comprar créditos de carbono de países que praticam sequestros de carbono da atmosfera, ou seja, de países que fazem parte do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) (Quesada et al., 2004; Boddey et al., 2004; Zanetti, 2010). Recentemente a 21ª Conferência do clima (COP 21) realizada em Paris em 2015, se propôs a definir um novo acordo internacional com o estabelecimento de metas reais para a redução das emissões e uma maior utilização de fontes renováveis de energia como estratégias para a diminuição dos impactos causados pelo aquecimento global (COP21 PARIS, 2015).

Dessa forma para contornar a crise ambiental em que o planeta se encontra devido à alta dependência do petróleo para obtenção de energia, algumas alternativas têm sido pesquisadas, como a queima da biomassa provinda do capim-elefante, a qual atua eficientemente reciclando o CO<sub>2</sub> da atmosfera pela ação da fotossíntese (Morais et al., 2009).

Entretanto, comparando a produção de lenha a partir do eucalipto, este se encontra em desvantagem, pois seria necessário um corte a cada cinco anos, enquanto que com o capim-elefante de 2 a 4 cortes anuais (Osava, 2007; Rocha,

2007; Agrosoft Brasil, 2008). Logo, a produtividade do capim-elefante também é superior ao eucalipto, o qual pode chegar a produzir 40 t de massa seca  $\text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  e o eucalipto no máximo 15 t.  $\text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  (Osava, 2007).

Sabe-se que a produtividade está intimamente relacionada ao manejo cultural sendo óbvio que a adubação nitrogenada terá um papel limitante à produção, conforme os resultados de Andrade et al. (2000), onde a produção de matéria seca aumentou à medida que houve incremento de doses crescentes de nitrogênio, mostrando ser um material potencial para produção de biomassa. Porém essa prática pode conduzir a um balanço energético negativo, sem contar a elevação de custos.

Considerando a enorme extensão territorial e condições climáticas favoráveis para produção de biomassa vegetal, como fonte de energia limpa, Mazzarella; Motta et al. (2000) afirmam que o Brasil tem plenas condições para liderar esse mercado promissor frente à escassez de combustíveis fósseis. As características do capim-elefante, aliadas à sua rusticidade, fácil manejo e multiplicação, boa resistência à seca e ao frio, justificam sua grande difusão em diversas regiões do país (Zanetti, 2010).

### 3.6 Arranjo espacial e densidade populacional para produção de biomassa

Ressalta-se a necessidade de mais pesquisas envolvendo a densidade populacional de plantas forrageiras para fins bioenergéticos, levando em consideração a área para determinar seu potencial produtivo, de acordo com a destinação pretendida.

Para proporcionar maior produtividade de biomassa de capim-elefante, pesquisas relacionadas ao sistema de produção da cultura visam estabelecer a população ideal de plantas por hectare. Desta forma, se faz necessária a definição do espaçamento e da densidade de plantio para as culturas comerciais. Neste sentido, a inexistência de competição entre plantas próximas proporciona maior produção por planta, contudo, sempre almejando o máximo ganho por área cultivada. Por outro lado, há relatos citando que à medida que a competição intraespecífica aumenta, ocorre uma relação inversa entre o número de plantas e a produtividade (May et al., 2016). Entretanto, esta resposta é bastante variável entre as espécies cultivadas, uma vez que poderão existir interações complexas entre genótipo e o ambiente de produção.



Destarte, a produtividade máxima é obtida por uma relação espacial ideal, em que o número de indivíduos compense o decréscimo na produção por planta. Esta relação depende das condições ambientais devido à competição por água, nutrientes e luz. Além disso, a população de plantas e o espaçamento podem influenciar no perfilhamento e no acamamento das plantas, que também provocam alterações no estande final de plantas.

Machado et al. (1996) avaliaram a produção e a qualidade da forragem de capim-elefante cv. Três Rios (*Cenchrus purpureus* (Schumach.)), sob efeito de diferentes espaçamentos (0,25; 0,50; 0,75 e 1,00 m) de plantio e concluíram que houve incrementos na produção de matéria seca, porém recomendaram o espaçamento máximo de 0,50 m entre linhas.

Bhatti et al. (1985) estudaram o capim-elefante em diferentes combinações de espaçamentos e concluíram que as produções de matéria seca, número e altura de perfilhos por unidade de área, diminuiriam à medida que aumentou o espaçamento entre plantas.

Trabalhando com a cultura de *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf, sob diferentes espaçamentos, Vieira (2006) verificou aumento na produção de matéria seca em relação às diferentes idades de primeiro corte. A autora justificou que esse incremento provavelmente foi devido ao aumento de colmos e folhas nas touceiras ao longo das diferentes épocas de primeiro corte.

Avaliando a produtividade do sorgo lignocelulose CMSXS 7015, em Sete Lagoas-MG, May et al. (2016) verificaram que, dentre outras características estudadas, a produtividade de biomassa do sorgo variou em função do espaçamento entrelinhas e da densidade de plantas. Os autores concluíram que a produtividade de biomassa total foi influenciada pelo espaçamento entrelinhas, apresentando uma forte redução com o aumento do espaçamento entrelinhas para os dois anos consecutivos de avaliação. A produtividade no espaçamento entrelinhas de 0,5 m foi superior ao de 1,1 m.

### 3.7 Análise Multivariada – Componentes Principais

A análise de componentes principais é uma técnica multivariada de modelagem da estrutura de covariância ou da estrutura de correlações. A técnica foi inicialmente descrita por Pearson (1901) e uma descrição de métodos

computacionais práticos veio muito mais tarde com Hotelling (1933, 1936) que usou com o propósito determinado de analisar as estruturas de correlação.

Nos experimentos, de modo geral, cada unidade experimental nos fornece observações relativas a mais de uma variável a serem analisadas. Comumente, as análises são feitas para cada variável individualmente. Se essas variáveis fossem independentes, as análises univariadas resolveriam o problema. Entretanto, na maioria das vezes isto não ocorre, principalmente quando se dispõe de muitas variáveis.

A análise de variância multivariada utiliza as correlações entre as variáveis e podem ser feitas para qualquer delineamento experimental. Para tanto, é necessário trabalhar com todas as variáveis simultaneamente.

A técnica de Análise dos Componentes Principais (PCA) é um procedimento de análise multivariada onde se permite reduzir o número de variáveis originais em poucas variáveis (geralmente duas ou três), gerando um novo conjunto de variáveis, não correlacionadas que contém a maior parte da informação do conjunto original. Essa redistribuição pode ser observada nos eixos originais de forma a se obter um conjunto de eixos ortogonais não correlacionados (Cruz, 2006; Hongyu, 2015).

Os componentes principais apresentam propriedades importantes: cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis originais, são independentes entre si e estimados com o propósito de reter, em ordem de estimação, o máximo de informação, em termos da variação total contida nos dados. O objetivo principal da análise de componentes principais é explicar a estrutura da variância e covariância de um vetor composto de  $p$ -variáveis aleatórias, por meio de combinações lineares das variáveis originais (Johmson; Wichern, 1998; Regazzi, 2000; Hongyu et al., 2016).

Esta técnica pode ser utilizada para geração de índices e agrupamento de indivíduos. A análise agrupa os indivíduos de acordo com sua variação, isto é, segundo seu comportamento dentro da população, representado pela variação do conjunto de características que define o indivíduo.

De acordo com Kubrusly (2001), para se estabelecer um índice que possibilite ordenar um conjunto de  $n$  objetos, segundo critério definido por um conjunto de  $m$  variáveis adequadas, é necessário escolher os pesos ou ponderações das variáveis de tal forma que traduzam a informação contida na

variável. Para a construção de um índice como combinação linear de variáveis, é desejável que este contenha o máximo de informação fornecida pelo conjunto de variáveis selecionadas.

Segundo Regazzi (2000), apesar das técnicas de análise multivariada terem sido desenvolvidas para resolver problemas específicos, as mesmas podem ser utilizadas para resolver outros tipos de problemas como redução da dimensionalidade das variáveis, agrupar os indivíduos (observações) pelas similaridades, em diversas áreas do conhecimento, por exemplo, agronomia, fitotecnia, zootecnia, ecologia, biologia, psicologia, medicina, engenharia florestal, etc.

Couto et al. (2013) demonstraram que as técnicas de PCA foram eficientes para a selecionar clones de *Eucalyptus* para fins bioenergéticos e observaram similaridades entre os grupos para produção de biomassa.

### 3.8 A Técnica GT *BI*PLOT

O *BI*PLOT foi introduzido por Gabriel (1971) como sendo uma ferramenta útil de análise de dados que permite a avaliação visual da estrutura de grandes matrizes de dados. É especialmente revelador na análise de componentes principais, onde o *BI*PLOT pode mostrar distâncias entre unidades e indicar agrupamento de unidades, bem como exibir variações e correlações das variáveis.

Yan et al. (2000) desenvolveram a técnica GGE *BI*PLOT (efeito principal do genótipo, mais a interação genótipo por ambiente) como uma ferramenta gráfica para análise de conjuntos de dados de ensaios multi-ambiente. É construído pela plotagem dos dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) derivados da decomposição do valor do ambiente centrado (Yan, 2001). No entanto, também pode ser igualmente usado para todos os tipos de dados bidirecionais que assumem uma estrutura bidirecional. Os genótipos podem ser generalizados como linhas e as múltiplas características como colunas.

A análise GT *BI*PLOT permite a avaliação de dados e é comumente utilizada em estudos econômicos, médicos, genéticos e agrônômicos. Neste método, vários atributos dos genótipos podem ser apresentados graficamente e, assim, as relações entre vários genótipos e atributos podem ser avaliadas e

comparadas visualmente (Yan, 2001; Yan & Rajcan, 2002). Portanto, os pesquisadores geralmente preferem o método GT *BI PLOT* devido à facilidade de interpretação e avaliação (Yan, 2014).

Por meio da análise GT *BI PLOT* é possível a visualização da correlação genética entre as características (Yan & Frégeau-Reid, 2008) e também ajuda no estudo de genótipos por relações de características (Lee et al., 2003), bem como na avaliação de genótipos com base em múltiplas características (Ober et al., 2005). Ela também fornece informações sobre a utilidade dos genótipos para a produção e ajuda a detectar variáveis menos importantes (redundantes) e identifica aquelas que são apropriados para a seleção indireta de uma característica alvo (Badu-Apraku & Akinwale, 2011).

Com esse recurso gráfico é possível revelar efetivamente as inter-relações entre as características, além de, fornecer uma ferramenta para a comparação visual entre genótipos com base em várias características, como rendimento e outras características relacionadas e por fim pode ser usado como descarte independente com base em múltiplas características e na comparação de estratégias de seleção.

A técnica GT *BI PLOT* tem sido aplicada em soja (Yan & Rajcan 2002); feijão comum (Gonzalez et al., 2006); espinafre (Sabaghnia et al., 2015); canola (Dehghani et al., 2008); feijão-de-vagem (Oliveira et al., 2018); pimentas aromáticas (Abu Ngozi et al., 2011); tremoço branco (Rubio et al., 2004); beterraba sacarina (Ober et al., 2005); aveia (Peterson et al., 2005; Yan et al., 2007; Yan e Frégeau-Reid, 2018); milho (Oliveira et al., 2019) e arroz (Samonte et al., 2013) para identificar as relações entre características e avaliar os genótipos com base em múltiplas características.

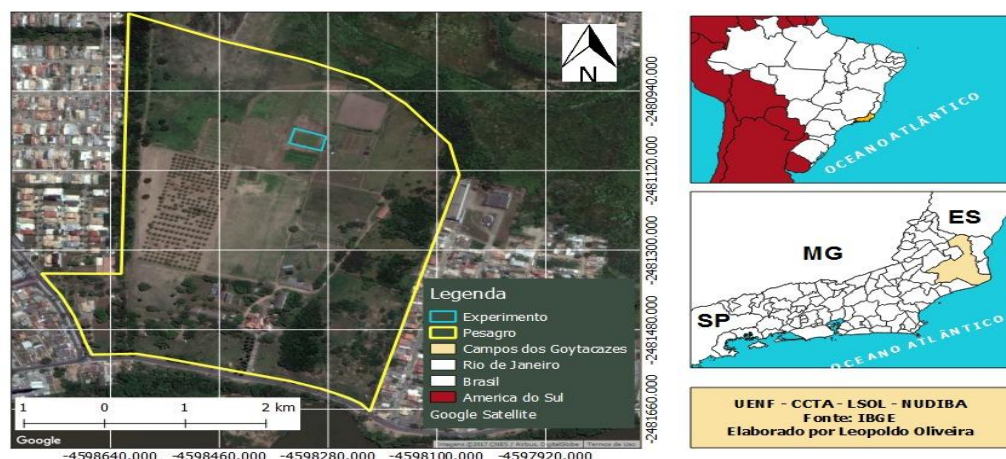
Isto posto, as análises multivariadas permitem avaliar, simultaneamente, todas as variáveis, sendo assim muito utilizadas em estudos de diferentes culturas (Atnaf et al., 2017; Farid et al., 2017; Leite et al., 2016; Mathobo & Marais, 2017). E pode-se concluir que dentre as técnicas multivariadas, a análise *BI PLOT* é considerada uma análise precisa e robusta, que permite predizer o desempenho médio dos indivíduos para características específicas e ajudar a identificar os genótipos mais estáveis (Yan, 2014; Maia et al., 2016; Oliveira et al., 2018).

Para complementar a presente pesquisa a análise multivariada GT *BIPLOT* foi fundamentada nas informações de médias fenotípicas, onde os primeiros dois CPs foram utilizados para agrupar os genótipos e baseado nos valores destes foi construído o BILOT, usando CP1 no eixo horizontal e CP2 no eixo vertical, os BILOTs foram construídos. As análises de variância, análises de componentes principais e os gráficos BILOTs foram obtidas com o auxílio do pacote ggplot2 do software R (Wickham, 2010).

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado no Centro Estadual de Pesquisas em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos da PESAGRO-Rio, o qual possui parceria com a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro–UENF em Campos dos Goytacazes. A estação experimental se encontra localizada a  $21^{\circ} 44' 47''$  de latitude sul e  $41^{\circ} 18' 24''$  de longitude oeste com altitude de 11 m (Figura 1).

##### MAPA DE LOCALIZAÇÃO - PESAGRO - CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ



**Figura 1.** Mapa de localização do experimento realizado na PESAGRO em Campos dos Goytacazes

O clima da região Norte Fluminense é classificado como do tipo Aw segundo Köppen (1948), tropical quente e úmido, com período seco no inverno,

chuvoso no verão e com precipitação anual em torno de 1.153 mm (Mendonça et al., 2007).

O solo no qual os genótipos foram cultivados se caracteriza como um solo de terraço, classificado como Argissolo Amarelo, distrófico (EMBRAPA 2006) e o mesmo apresenta as seguintes características: pH 5,5; fósforo ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) 18; potássio ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) 83; Ca ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) 4,6; Mg ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) 3,0; Al ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) 0,1; H + Al ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) 4,5 e C (%) 1,6.

Os genótipos utilizados neste trabalho são provenientes do Banco Ativo de Germoplasma de Capim-Elefante (BAGCE) do LEAG/CCTA/UENF, localizado em Campos dos Goytacazes-RJ. Para tanto, foram selecionados os 12 genótipos mais produtivos no quesito de produção de massa seca, segundo Oliveira et al., (2013) e Rocha (2015).

O delineamento experimental foi constituído em blocos casualizados com três repetições em esquema fatorial (4 x 12) e em parcelas subdivididas, sendo os espaçamentos alocados na parcela (0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 m) e na subparcela os 12 genótipos (Tabela 1). A unidade experimental foi composta de uma linha de 3 m de comprimento, sendo a área central da parcela de 2 m considerada como área útil. A área experimental total foi de  $950 \text{ m}^2$ , incluindo as bordaduras.

Na condução do experimento, a adubação foi realizada de acordo com os resultados obtidos na análise de solos, sendo uma no plantio e uma em cada corte de avaliação. Para tanto, no plantio, foram distribuídos em cada linha 60 g de superfosfato simples e, aos 50 dias após o plantio, foi realizada a adubação de cobertura utilizando 70 g de ureia e 40 g de KCl (cloreto de potássio) por linha, correspondendo a 28,6 Kg de N (nitrogênio) e 24 Kg de  $\text{K}_2\text{O}$  (óxido de potássio) por hectare.

O plantio ocorreu no dia 2 de fevereiro de 2016, utilizando colmos inteiros, distribuídos a 10 cm de profundidade, quatro mudas de 1,5 m de comprimento cada uma, em cada sulco, na forma de pé com ponta, compondo uma unidade experimental. Após a distribuição dos colmos nos sulcos, eles foram cortados em pedaços contendo duas ou três gemas. Aos 60 dias foi realizado o corte de uniformização. O corte da planta foi feito rente ao solo e em seguida procedeu-se a pesagem no campo. Uma fração de cada touceira (três perfilhos) foi seccionada em um triturador elétrico e em seguida levada ao laboratório para secagem em

estufa de ventilação forçada, a 65°C por 72 horas, para posterior determinação da massa de matéria seca.

Os cortes foram realizados a cada seis meses de modo que o primeiro ocorreu no dia 17 de outubro de 2016, o segundo foi realizado no dia 11 de abril de 2017, o terceiro corte no dia 24 de outubro de 2017 e o quarto, em 25 de abril de 2018.

Tabela 1. Identificação dos doze genótipos de capim-elefante do BAGCE da UENF, utilizados na pesquisa. Campos dos Goytacazes, RJ, 2016-2018

| Nº no campo | Genótipo                     | BAGCE | Procedência           |
|-------------|------------------------------|-------|-----------------------|
| 1           | Três Rios                    | 3     | Nova Odessa-SP        |
| 2           | Gigante de Pinda             | 7     | Pindamonhangaba-SP    |
| 3           | Porto Rico 534-B             | 11    | UFV- Viçosa-MG        |
| 4           | Pusa Napier <sup>o</sup> n 1 | 25    | UFRRJ- Seropédica     |
| 5           | Taiwan A-46                  | 33    | UFRRJ- Seropédica     |
| 6           | Duro de Volta Grande         | 34    | UFRRJ- Seropédica     |
| 7           | Gramafante                   | 45    | Colômbia              |
| 8           | Guaçu/IZ2                    | 47    | Nova Odessa-SP        |
| 9           | King Grass                   | 51    | Embrapa Gado de leite |
| 10          | 903-77 ou Australiano        | 68    | Brasil                |
| 11          | Pasto Panamá                 | 74    | Panamá                |
| 12          | 03 AD.IRI                    | 83    | Brasil                |

As variáveis avaliadas no experimento foram: altura da planta (m); número de perfilho por metro; diâmetro do colmo (mm); comprimento da lâmina foliar (cm); largura da lâmina foliar (mm); peso fresco (kg); peso seco (kg); percentagem de matéria seca e a produtividade de matéria seca estimada por área.

Para estimar a produção de matéria seca da planta, em t ha<sup>-1</sup> (PMS), foi necessário realizar o produto da produção de matéria verde da planta integral, pela percentagem de matéria seca da planta integral da unidade experimental e estes resultados foram extrapolados para 1 ha. Para mensuração das características altura de planta, diâmetro do colmo, comprimento e largura da lâmina foliar, foram utilizadas três plantas da unidade experimental, escolhidas



aleatoriamente. O número de perfilho e o peso fresco foram avaliados considerando todas as plantas da unidade experimental. Para determinar a percentagem de matéria seca foram coletadas amostras de três plantas da unidade experimental e estas foram trituradas e secas em estufa a 60° C até peso constante. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o aplicativo computacional GENES (Cruz, 2013) da Universidade Federal de Viçosa.

#### 4.1 Características avaliadas

Foram aferidas as características morfoagronômicas, bem como a avaliação após cada semestre do crescimento contínuo em todos os acessos de plantas inteiras. Esses parâmetros são descritos a seguir:

**a) Produção de matéria seca da planta integral, em kg ha<sup>-1</sup> (PMS):**

A biomassa de cada parcela (1 m) foi pesada fresca, integral, em seguida retirada subamostras, as quais foram trituradas e acondicionadas em sacos de papel para secagem em estufa a 65°C. Após 72h as amostras foram novamente pesadas para obtenção do resultado das amostras secas e a PMS foi estimada para 1 ha.

**b) Porcentagem de biomassa seca (%MS):**

Foi obtida pela divisão da massa seca da planta pelo peso fresco e multiplicado por 100.

**c) Número de perfilho (NP) por metro linear:**

Foi realizada a contagem em 1,0 m dentro das linhas.

**d) Altura das plantas, em m (ALT):**

Realizou-se a medida da altura de 3 plantas ao acaso, com régua graduada, em cada parcela experimental, obtendo a média.

**e) Diâmetro médio do colmo na base da planta, em cm (DC):**

Foi realizada a média das medidas de diâmetro de 3 colmos de cada acesso, medido a 10 cm do nível do solo com o auxílio do paquímetro digital.

**f) Largura e comprimento da lâmina foliar, em cm (LL e CL, respectivamente):**

Com a utilização de uma régua graduada foi tomada a medida em três amostras de cada genótipo, sendo medida na 3<sup>o</sup> folha inteira do meristema apical do caule para o meristema basal da raiz, tanto na medida de largura quanto de comprimento, sendo a medida da largura retirada da maior largura da lâmina. Posteriormente seguiu-se a realização dos cálculos da média de cada característica separadamente.

#### 4.2 Modelo estatístico e Análise estatística dos dados

O experimento foi instalado seguindo o modelo estatístico de parcelas subdivididas, conforme apresentado abaixo:

$$Y_{ijk} = m + B_k + E_i + e(a)_{ik} + G_j + (EG)_{ij} + e(b)_{ijk}, \text{ em que:}$$

$Y_{ijk}$  = valor observado da variável Y no i-ésimo espaçamento, no j-ésimo genótipo e no k-ésimo bloco;

$m$  = constante do modelo (média geral);

$B_k$  = efeito do k-ésimo bloco (k=1 até 3);

$E_i$  = efeito do i-ésimo espaçamento (i=1 até 4);

$e(a)_{ik}$  = erro associado à parcela (ou unidade experimental);

$G_j$  = efeito do j-ésimo genótipo (j=1 até 12);

$(EG)_{ij}$  = efeito da interação do i-ésimo espaçamento com o j-ésimo genótipo;

$e(b)_{ijk}$  = erro associado à subparcela.

Durante a condução do experimento, introduziu-se mais um fator na análise fatorial que foram os cortes realizados duas vezes por ano, que chamaremos de épocas de corte. Com a introdução deste fator, o modelo estatístico passou a ser o de parcelas subdivididas, sendo o seguinte:

$$Y_{ijkl} = m + B_k + E_i + e(a)_{ik} + G_j + (EG)_{ij} + e(b)_{ijk} + C_l + (CE)_{li} + (CG)_{lj} + (CEG)_{lij} + e(c)_{ijkl}, \text{ em que:}$$

$Y_{ijkl}$  = valor observado da variável Y no i-ésimo espaçamento, no j-ésimo genótipo e no k-ésimo bloco;

$m$  = constante do modelo (média geral);

$B_k$  = efeito do k-ésimo bloco (k=1 até 3);  
 $E_i$  = efeito do i-ésimo espaçamento (i=1 até 4);  
 $e(a)_{ik}$  = erro associado à parcela (ou unidade experimental);  
 $G_j$  = efeito do j-ésimo genótipo (j=1 até 12);  
 $(EG)_{ij}$  = efeito da interação do i-ésimo espaçamento com o j-ésimo genótipo;  
 $e(b)_{ijk}$  = erro associado à subparcela;  
 $C_l$  = efeito do l-ésimo corte (l=1 até 4);  
 $(CE)_{ij}$  = efeito da interação do l-ésimo corte com o i-ésimo espaçamento;  
 $(CG)_{lj}$  = efeito da interação do l-ésimo corte com o j-ésimo genótipo;  
 $(CEG)_{lij}$  = efeito da interação do l-ésimo corte com i-ésimo espaçamento com o j-ésimo genótipo;  
 $e(c)_{ijkl}$  = erro associado à subsubparcela.

Os dados experimentais obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) individual para cada corte, após verificação dos pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias. Em seguida, foi efetuada a ANOVA para a soma dos cortes, pois há maior interesse na produção total dos genótipos no período avaliado (4 cortes). Após verificada significância pelo teste F da ANOVA para os fatores e para as interações genótipos versus espaçamentos, foram adotados os desdobramentos necessários para estudos das interações a fim de indicar o melhor espaçamento para cada genótipo. Para as comparações de médias de genótipos foi utilizado o critério de agrupamento de Scott-Knott para cada uma das características avaliadas.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância (ANOVA) após a verificação dos pressupostos de normalidade da distribuição dos erros e de homogeneidade de variâncias residuais, pelos testes de Lilliefors e de Bartlett, respectivamente. Todas as características avaliadas atenderam os pré-requisitos da ANOVA. Esses resultados demonstram que, de modo geral, as pressuposições matemáticas requeridas para a realização da análise de variância e estudos posteriores foram atendidas.

O modelo utilizado para a análise *GT-Biplot* (genótipos versus características) foi o proposto por Yan & Rajcan (2002):

$$(T_{ij} - T_{ij})/S_j = \lambda_1 \xi_{i1} T_{j1} + \lambda_2 \xi_{i2} T_{j2} + \varepsilon_{ij}$$

Em que:

$T_{ij}$  = é o valor do desempenho do genótipo  $i$  na  $j$ -ésima característica;

$\bar{T}_{ij}$  = representa a média de todos os genótipos na característica  $j$ ;

$\lambda_1$  e  $\lambda_2$  = representam os valores singulares de PC1 e PC2, respectivamente;

$\xi_{i1}$  e  $\xi_{i2}$  = representam os resultados dos desempenhos PC1 e PC2 dependendo do genótipo  $i$ ;

$\tau_{j1}$  e  $\tau_{j2}$  = representam os escores PC1 e PC2 da característica  $j$ ;

$\varepsilon_{ij}$  = é o resíduo do modelo associado a desempenhos dependendo da característica e do genótipo;

$S_j$  = representa a estimativa do desvio padrão.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Análise conjunta dos quatro cortes

O resumo da análise de variância do esquema de parcelas subdivididas (Tabela 2), mostra que houve diferenças significativas ( $P < 0,01$ ) para os fatores genótipos, espaçamentos e cortes, em todas as características analisadas, exceto para o fator espaçamento em diâmetro do colmo e comprimento da lâmina foliar. A interação tripla (genótipo x espaçamento x corte) não foi significativa para nenhuma das variáveis estudadas. Apesar da interação genótipos por espaçamento não ter apresentado diferenças significativas pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ) para todas as variáveis, optou-se por fazer as comparações dos genótipos dentro de cada espaçamento agrupando-os pelo teste de Scott-Knott, porque a produtividade (variável mais importante) foi significativa para a interação G x E, bem como o diâmetro do colmo, largura da lâmina, percentagem de matéria seca e peso seco.

Considerando que os cortes de avaliação representam o fator ambiental, houve interação significativa entre genótipos e ambientes para as características mais importantes (Tabela 2). Os genótipos responderam diferentemente às variações ambientais com alterações no posicionamento do genótipo ou mudanças na magnitude das diferenças entre genótipos de ambiente para outro (Silva, 2008).

A interação genótipo vs ambiente é de grande importância para o melhoramento de plantas, porém pode dificultar a identificação de genótipos superiores para diferentes ambientes (Morais et al., 2009).

**Tabela 2-** Resumo da análise de variância conjunta (quadrados médios) das características avaliadas, modelo incluindo 12 genótipos, 4 espaçamentos, 4 cortes e interações. Campos dos Goytacazes, 2016 a 2018

| Fontes de Variação | G. L. | % Matéria seca       | Peso seco (Kg)     | Produtividade (t ha <sup>-1</sup> ) | Número perfilho por m | Diâmetro colmo (mm) | Altura planta (m)    | Compr. lâmina (cm)  | Largura lâmina (cm) |
|--------------------|-------|----------------------|--------------------|-------------------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| Bloco              | 2     | 0,0037               | 13,08              | 1335,4                              | 70,15                 | 10,28               | 2,55                 | 116,9               | 0,71                |
| Espaçam.           | 3     | 0,0103*              | 143,3**            | 28559,9**                           | 7794,4**              | 11,39 <sup>ns</sup> | 1,56**               | 33,41 <sup>ns</sup> | 5,23**              |
| Erro A             | 6     | 0,0030               | 17,96              | 3700,6                              | 1165,6                | 4,80                | 0,2173               | 27,57               | 0,657               |
| Genótipo           | 11    | 0,0206**             | 14,33**            | 1372,4**                            | 945,0**               | 33,29**             | 0,6205**             | 875,8**             | 6,21**              |
| G. x E..           | 33    | 0,0196**             | 21,3**             | 2805,4**                            | 145,3 <sup>ns</sup>   | 9,94*               | 0,066 <sup>ns</sup>  | 129,9 <sup>ns</sup> | 0,901**             |
| Erro B             | 88    | 0,0015               | 3,42               | 504,63                              | 135,1                 | 5,67                | 0,056                | 111,3               | 0,3681              |
| Cortes             | 3     | 0,0742**             | 408,9**            | 36835,1**                           | 1969,6**              | 164,2**             | 4,69**               | 471,5**             | 14,89**             |
| Corte x E          | 9     | 0,0029*              | 14,46**            | 4582,5**                            | 345,6**               | 13,60*              | 1,00**               | 331,25**            | 0,610 <sup>ns</sup> |
| Corte x G          | 33    | 0,0057**             | 2,66 <sup>ns</sup> | 324,18 <sup>ns</sup>                | 93,28 <sup>ns</sup>   | 14,10**             | 0,1181 <sup>ns</sup> | 234,6**             | 0,843**             |
| C x E x G          | 99    | 0,0014 <sup>ns</sup> | 0,85 <sup>ns</sup> | 101,55 <sup>ns</sup>                | 50,94 <sup>ns</sup>   | 5,93 <sup>ns</sup>  | 0,0642 <sup>ns</sup> | 109,6 <sup>ns</sup> | 0,522 <sup>ns</sup> |
| Erro C             | 288   | 0,0015               | 1,83               | 250,10                              | 66,23                 | 5,69                | 0,105                | 88,95               | 0,418               |
| Média              |       | 0,370                | 4,44               | 41,89                               | 35,08                 | 12,82               | 3,41                 | 86,75               | 3,08                |
| CV%                |       | 10,47                | 30,49              | 37,74                               | 23,20                 | 18,59               | 9,52                 | 10,87               | 20,94               |

\*, \*\*, ns, significativo a 1%, 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

A produção de matéria seca da parcela (peso seco) aumentou com os espaçamentos maiores. Os genótipos G6, G7, G11 e G12 se destacaram com maiores produções em todos os espaçamentos. A percentagem de biomassa seca foi pouco influenciada pelo espaçamento. Os genótipos G2 e G3 foram os que apresentaram maiores teores de matéria seca em todos os espaçamentos utilizados (Tabela 3).

**Tabela 3-** Estimativas de valores médios peso seco e de percentagem de biomassa seca, avaliados em 12 genótipos de capim-elefante, cultivados em 4 espaçamentos, em Campos dos Goytacazes (2016 a 2018), médias de quatro cortes

| <b>PESO SECO</b>                    |                                    |             |             |             |               |
|-------------------------------------|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| <b>Genótipos</b>                    | <b>Espaçamentos entre fileiras</b> |             |             |             | <b>Médias</b> |
|                                     | <b>0,5m</b>                        | <b>1,0m</b> | <b>1,5m</b> | <b>2,0m</b> |               |
| 1- Três Rios                        | 2,39B                              | 4,08B       | 3,46B       | 5,04A       | 3,74          |
| 2- Gigante de Pinda                 | 2,41B                              | 3,73B       | 5,54A       | 5,12A       | 4,20          |
| 3- Porto Rico 534-B                 | 2,77B                              | 3,05B       | 3,46B       | 3,96B       | 3,31          |
| 4- Pusa Napier N 1                  | 2,89B                              | 4,84A       | 5,18A       | 5,54A       | 4,61          |
| 5- Taiwan A-46                      | 3,06B                              | 4,35A       | 6,11A       | 5,40A       | 4,73          |
| 6- Duro de Volta Grande             | 3,63A                              | 4,75A       | 5,55A       | 6,23A       | 5,04          |
| 7- Gramafante                       | 4,02A                              | 4,41A       | 5,42A       | 4,92A       | 4,69          |
| 8- Guaçu/I,Z,2                      | 3,36A                              | 3,95B       | 4,48B       | 5,58A       | 4,34          |
| 9- King Grass                       | 3,19B                              | 4,26A       | 5,10A       | 5,56A       | 4,53          |
| 10- 903-77ou Australiano            | 2,60B                              | 3,67B       | 4,45B       | 5,00A       | 3,93          |
| 11- Pasto Panamá                    | 3,33A                              | 5,14A       | 6,10A       | 6,34A       | 5,23          |
| 12- 03 AD IRI                       | 3,45A                              | 5,16A       | 5,98A       | 5,73A       | 5,08          |
| Médias                              | 3,09                               | 4,28        | 5,07        | 5,37        | 4,45          |
| <b>PERCENTAGEM DE BIOMASSA SECA</b> |                                    |             |             |             |               |
| <b>Genótipos</b>                    | <b>Espaçamentos entre fileiras</b> |             |             |             | <b>Médias</b> |
|                                     | <b>0,5m</b>                        | <b>1,0m</b> | <b>1,5m</b> | <b>2,0m</b> |               |
| 1- Três Rios                        | 0,339B                             | 0,326C      | 0,319B      | 0,337B      | 0,33          |
| 2- Gigante de Pinda                 | 0,406A                             | 0,403A      | 0,387A      | 0,408A      | 0,40          |
| 3- Porto Rico 534-B                 | 0,416A                             | 0,407A      | 0,372A      | 0,384A      | 0,39          |
| 4- Pusa Napier N 1                  | 0,362B                             | 0,352B      | 0,369A      | 0,353B      | 0,36          |
| 5- Taiwan A-46                      | 0,389A                             | 0,366B      | 0,371A      | 0,405A      | 0,38          |
| 6- Duro de Volta Grande             | 0,400A                             | 0,367B      | 0,368A      | 0,363B      | 0,37          |
| 7- Gramafante                       | 0,403A                             | 0,373B      | 0,384A      | 0,375A      | 0,38          |
| 8- Guaçu/I,Z,2                      | 0,373B                             | 0,348B      | 0,338B      | 0,346B      | 0,35          |
| 9- King Grass                       | 0,384A                             | 0,387A      | 0,346B      | 0,366B      | 0,37          |
| 10- 903-77ou Australiano            | 0,380B                             | 0,405A      | 0,363A      | 0,394A      | 0,39          |
| 11- Pasto Panamá                    | 0,367B                             | 0,368B      | 0,356A      | 0,357B      | 0,36          |
| 12- 03 AD IRI                       | 0,360B                             | 0,330C      | 0,361A      | 0,341B      | 0,35          |
| Médias                              | 0,38                               | 0,37        | 0,36        | 0,37        | 0,37          |

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo, pelo critério de Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade.

As estimativas das produtividades de biomassa seca por hectare encontram-se na Tabela 4. O plantio mais adensado (0,5 m entre fileiras) foi o que promoveu a maior estimativa de produtividade de matéria seca, sendo que esta produtividade diminuiu com o aumento do espaçamento entre fileiras. Este trabalho corrobora com os resultados encontrados por May et al. (2016), onde observaram redução significativa da produtividade do sorgo para biomassa à medida que o espaçamento aumentou. De forma consonante Albuquerque et al. (2011) também concluíram que o menor espaçamento pode proporcionar maiores produtividades para o sorgo granífero.

Os genótipos G6, G11 e G12 foram os que se destacaram produzindo maiores estimativas de biomassa seca na comparação dos genótipos em todos os espaçamentos estudados. Araújo et al. (2017), estudando a estabilidade de 83 genótipos de capim-elefante em Campos dos Goytacazes, RJ, e utilizando o espaçamento de 2 m entre fileiras, concluíram que, dentre outros, o genótipo Duro de Volta Grande (G6), pertenceu ao grupo de maior produtividade e estabilidade de produção de biomassa. Oliveira et al. (2013) ao avaliar a produtividade de 73 genótipos de capim-elefante cultivados para fins energéticos observaram valores médios entre 21,44 t ha<sup>-1</sup> e 10,86 t ha<sup>-1</sup> para o espaçamento de 2,0 metros, valores estes inferiores aos encontrados no presente trabalho.

Novo (2015), trabalhando com o espaçamento entre linhas de 1,50m com três genótipos de capim-elefante, encontrou valores de PMS próximos ao do presente trabalho como 48,77; 46,06 e 52,08 t ha<sup>-1</sup>, fato que demonstra a variabilidade produtiva da planta em cultivo. Os resultados obtidos neste trabalho se mostram superiores também se comparados com os encontrados por Moraes et al. (2009) e Rossi et al. (2014) para os mesmos genótipos, valendo salientar que os mesmos foram obtidos com a idade de produção de 8 meses.

O número de perfilho por parcela teve comportamento inverso ao da produtividade de biomassa seca. No espaçamento de 0,5 m entre fileiras o número médio de perfilho por metro foi de 24,82 (Tabela 4), sendo este o menor valor médio entre os 4 espaçamentos estudados. Com o aumento do espaçamento entre fileiras de capim-elefante, o número de perfilho por metro também aumentou. O espaçamento de 2,0 m entre fileiras promoveu o maior número médio de perfilho por metro (41,21). Os genótipos G1, G2, G5, G5, G6, G7 e G10 se destacaram no perfilhamento produzindo maiores valores de número



de perfilho por metro, independente do espaçamento utilizado (Tabela 4). Esses resultados foram superiores aos encontrados nos trabalhos de Daher et al. (2000), que obtiveram uma média de 21,6 perfilhos, e Paciullo et al. (2003), que variaram de 14 a 38 perfilhos.

**Tabela 4-** Estimativas de valores médios de produtividade (ton/ha) e de número de perfilho por metro, avaliados em 12 genótipos de capim-elefante, cultivados em 4 espaçamentos, em Campos dos Goytacazes (2016 a 2018), médias de quatro cortes

| <b>PRODUTIVIDADE (ton/ha)</b> |                                    |             |             |             |               |
|-------------------------------|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| <b>Genótipos</b>              | <b>Espaçamentos entre fileiras</b> |             |             |             | <b>Médias</b> |
|                               | <b>0,5m</b>                        | <b>1,0m</b> | <b>1,5m</b> | <b>2,0m</b> |               |
| 1- Três Rios                  | 45,96B                             | 44,56B      | 26,85B      | 25,21A      | 35,65         |
| 2- Gigante de Pinda           | 46,68B                             | 39,97B      | 39,01A      | 25,59A      | 37,81         |
| 3- Porto Rico 534-B           | 52,34B                             | 32,94B      | 23,86B      | 19,81B      | 32,24         |
| 4- Pusa Napier N 1            | 56,20B                             | 53,98A      | 36,76A      | 27,71A      | 43,66         |
| 5- Taiwan A-46                | 59,05A                             | 47,03B      | 42,79A      | 27,01A      | 43,97         |
| 6- Duro de Volta Grande       | 70,23A                             | 51,39A      | 38,43A      | 26,16A      | 46,55         |
| 7- Gramafante                 | 74,81A                             | 47,11B      | 37,56A      | 24,62A      | 46,03         |
| 8- Guaçu/I,Z,2                | 63,76A                             | 43,06B      | 31,19B      | 27,90A      | 41,48         |
| 9- King Grass                 | 61,07A                             | 45,52B      | 35,50A      | 27,82A      | 42,48         |
| 10- 903-77ou Australiano      | 48,67B                             | 39,74B      | 30,95B      | 25,01A      | 36,09         |
| 11- Pasto Panamá              | 63,69A                             | 57,30A      | 42,32A      | 31,69A      | 48,75         |
| 12- 03 AD IRI                 | 66,67A                             | 54,67A      | 42,31A      | 28,64A      | 48,07         |
| Médias                        | 59,09                              | 46,44       | 35,63       | 26,43       | 41,90         |

| <b>NÚMERO DE PERFILHO POR METRO</b> |                                    |             |             |             |               |
|-------------------------------------|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| <b>Genótipos</b>                    | <b>Espaçamentos entre fileiras</b> |             |             |             | <b>Médias</b> |
|                                     | <b>0,5m</b>                        | <b>1,0m</b> | <b>1,5m</b> | <b>2,0m</b> |               |
| 1- Três Rios                        | 23,67A                             | 44,92A      | 42,33A      | 46,75A      | 39,42         |
| 2- Gigante de Pinda                 | 25,00A                             | 37,25A      | 50,67A      | 44,50A      | 39,36         |
| 3- Porto Rico 534-B                 | 23,67A                             | 27,33B      | 31,75B      | 33,58B      | 29,08         |
| 4- Pusa Napier N 1                  | 21,08A                             | 32,17B      | 31,00B      | 34,42B      | 29,67         |
| 5- Taiwan A-46                      | 27,91A                             | 39,00A      | 46,17A      | 42,58A      | 38,92         |
| 6- Duro de Volta Grande             | 29,50A                             | 37,41A      | 44,83A      | 45,00A      | 39,19         |
| 7- Gramafante                       | 28,58A                             | 37,08A      | 43,25A      | 44,67A      | 38,40         |
| 8- Guaçu/I,Z,2                      | 25,12A                             | 27,17B      | 29,92B      | 34,92B      | 29,28         |
| 9- King Grass                       | 24,91A                             | 28,50B      | 40,00A      | 38,33B      | 32,94         |
| 10- 903-77ou Australiano            | 22,50A                             | 39,82A      | 46,17A      | 48,25A      | 39,19         |
| 11- Pasto Panamá                    | 23,08A                             | 34,67A      | 35,17B      | 44,83A      | 34,44         |
| 12- 03 AD IRI                       | 22,83A                             | 32,08B      | 32,75B      | 36,67B      | 31,08         |
| Médias                              | 24,82                              | 34,78       | 39,50       | 41,21       | 35,08         |

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo, pelo critério de Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade.

Outra característica importante para a produção de biomassa é o diâmetro do colmo (Tabela 5). Observa-se que somente o genótipo G4 diferiu dos demais sendo ele o que apresentou o maior diâmetro médio do colmo, em todos os espaçamentos utilizados. Entretanto esses resultados diferem de Daher et al. (2000) e Pereira et al. (2006) que obtiveram uma média de 10,8 mm, dados esses que implicam numa variabilidade alta dentre os genótipos utilizados.

Apesar do genótipo G4 ter se destacado com o maior diâmetro do colmo, ele se apresenta com hábito de crescimento prostrado, o que dificulta os tratos, manejo e principalmente a colheita no campo.

Resultados advindos de Rossi et al. (2014), ao avaliarem caracteres morfológicos em 40 genótipos de capim-elefante, revelaram valores médios de diâmetros do colmo variando de 7,3 a 16,3 mm, o que corrobora com a média dos diâmetros encontrados na presente pesquisa.

Para altura de plantas os genótipos G5, G6, G7 e G11 se destacaram. A altura de planta foi bastante estável entre os genótipos e espaçamentos, sendo pouco influenciada por estes fatores.

Apesar dos genótipos G5, G6, G7 e G11 serem os que mais cresceram, foi possível observar que a altura decresceu à medida que o espaçamento aumentou e o G8 e G9 foram os que obtiveram menores alturas. Resultados análogos também foram encontrados por Oliveira (2015), que obteve média de 3,54 m de ALT, avaliando seis genótipos de capim-elefante, porém utilizando doses crescentes de N e cortados aos nove meses de idade, em Campos dos Goytacazes – RJ.

**Tabela 5-** Estimativas de valores médios de diâmetro do colmo (mm) e de altura de planta (m), nos 12 genótipos de capim-elefante, cultivados em 4 espaçamentos, em Campos dos Goytacazes (2016 a 2018), médias de quatro cortes

| <b>DIÂMETRO DO COLMO (mm)</b> |                                    |             |             |             |               |
|-------------------------------|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| <b>Genótipos</b>              | <b>Espaçamentos entre fileiras</b> |             |             |             | <b>Médias</b> |
|                               | <b>0,5m</b>                        | <b>1,0m</b> | <b>1,5m</b> | <b>2,0m</b> |               |
| 1- Três Rios                  | 12,07A                             | 12,97A      | 13,84B      | 11,74B      | 12,66         |
| 2- Gigante de Pinda           | 12,12A                             | 11,07A      | 10,65B      | 10,89B      | 11,18         |
| 3- Porto Rico 534-B           | 12,34A                             | 12,57A      | 13,25B      | 12,42B      | 12,65         |
| 4- Pusa Napier N 1            | 13,71A                             | 13,68A      | 16,41A      | 15,14A      | 14,74         |
| 5- Taiwan A-46                | 12,73A                             | 13,18A      | 13,41B      | 13,24A      | 13,14         |
| 6- Duro de Volta Grande       | 11,42A                             | 13,34A      | 12,89B      | 12,14B      | 12,45         |
| 7- Gramafante                 | 13,63A                             | 12,69A      | 12,58B      | 13,36A      | 13,07         |
| 8- Guaçu/I,Z,2                | 12,48A                             | 13,34A      | 12,99B      | 13,23A      | 13,01         |
| 9- King Grass                 | 13,19A                             | 12,34A      | 12,74B      | 11,82B      | 12,52         |
| 10- 903-77ou Australiano      | 12,19A                             | 11,01A      | 13,45B      | 11,78B      | 12,11         |
| 11- Pasto Panamá              | 13,70A                             | 12,41A      | 13,40B      | 13,19A      | 13,18         |
| 12- 03 AD IRI                 | 13,50A                             | 13,70A      | 13,26B      | 12,45B      | 13,23         |
| Médias                        | 12,76                              | 12,69       | 13,24       | 12,62       | 12,83         |
| <b>ALTURA DE PLANTA (m)</b>   |                                    |             |             |             |               |
| <b>Genótipos</b>              | <b>Espaçamentos entre fileiras</b> |             |             |             | <b>Médias</b> |
|                               | <b>0,5m</b>                        | <b>1,0m</b> | <b>1,5m</b> | <b>2,0m</b> |               |
| 1- Três Rios                  | 3,51A                              | 3,23B       | 3,15B       | 3,44A       | 3,33          |
| 2- Gigante de Pinda           | 3,56A                              | 3,26B       | 3,35A       | 3,52A       | 3,42          |
| 3- Porto Rico 534-B           | 3,39B                              | 3,32B       | 3,30A       | 3,50A       | 3,38          |
| 4- Pusa Napier N 1            | 3,65A                              | 3,23B       | 3,24B       | 3,53A       | 3,41          |
| 5- Taiwan A-46                | 3,70A                              | 3,55A       | 3,48A       | 3,58A       | 3,58          |
| 6- Duro de Volta Grande       | 3,60A                              | 3,45A       | 3,47A       | 3,64A       | 3,54          |
| 7- Gramafante                 | 3,59A                              | 3,43A       | 3,45A       | 3,63A       | 3,53          |
| 8- Guaçu/I,Z,2                | 3,18B                              | 3,15B       | 3,03B       | 3,35B       | 3,18          |
| 9- King Grass                 | 3,40B                              | 3,20B       | 3,21B       | 3,32B       | 3,28          |
| 10- 903-77ou Australiano      | 3,51A                              | 3,48A       | 3,15B       | 3,52A       | 3,42          |
| 11- Pasto Panamá              | 3,53A                              | 3,43A       | 3,43A       | 3,44A       | 3,46          |
| 12- 03 AD IRI                 | 3,54A                              | 3,46A       | 3,37A       | 3,45B       | 3,46          |
| Médias                        | 3,51                               | 3,35        | 3,30        | 3,49        | 3,41          |

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo, pelo critério de Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade.

O comprimento da lâmina foliar do capim-elefante não foi influenciado pelos espaçamentos, apresentando poucas diferenças nas suas médias dos espaçamentos. Entretanto, para os genótipos foram formados um, dois ou três grupos de acordo com o espaçamento utilizado, pelo teste de Scott-Knott, sendo os genótipos que apresentaram maiores comprimento da lâmina foliar foram: G11 e G8, pertencendo ao grupo de maior magnitude, para todos os espaçamentos avaliados. A largura da lâmina foi menor no espaçamento menor (0,5 m entre fileiras). Os genótipos com as maiores médias foram: G8, G11 e G12 (Tabela 6).

Santos (2013) propala em seus resultados que encontrou largura de lâmina de 6,16 cm com um intervalo de corte de 180 dias, porém com incrementos de N e conclui que o intervalo de corte pode influenciar na largura das folhas do capim-elefante. Inobstante os genótipos que mais se destacaram na presente pesquisa com as maiores larguras foliares foram o G8 e G11 independente do espaçamento utilizado.

Os resultados aventados por Rossi et al. (2014) trabalhando com 52 genótipos de capim-elefante revelaram que indivíduos mais produtivos são aqueles possuidores de maior número de perfilhos, maior altura e conseqüentemente geram maiores produtividades. Logo, esses resultados ratificam o propalado acima onde os genótipos G6, G7 e G11 obtiveram as maiores produtividades.

**Tabela 6-** Estimativas de valores médios de comprimento da lâmina foliar (cm) e de largura da lâmina foliar (cm), avaliados em 12 genótipos de capim-elefante, cultivados em 4 espaçamentos, em Campos dos Goytacazes (2016 a 2018), médias de quatro cortes

| <b>COMPRIMENTO DA LÂMINA FOLIAR (cm)</b> |                                    |             |             |             |               |
|--|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| <b>Genótipos</b>                         | <b>Espaçamentos entre fileiras</b> |             |             |             | <b>Médias</b> |
|  | <b>0,5m</b>                        | <b>1,0m</b> | <b>1,5m</b> | <b>2,0m</b> |               |
| 1- Três Rios                             | 88,50A                             | 87,17B      | 85,25B      | 89,33A      | 87,56         |
| 2- Gigante de Pinda                      | 83,50B                             | 87,17B      | 90,41A      | 89,00A      | 87,52         |
| 3- Porto Rico 534-B                      | 79,91B                             | 86,67B      | 82,75B      | 82,58A      | 82,98         |
| 4- Pusa Napier N 1                       | 85,92B                             | 87,58B      | 88,50B      | 85,75A      | 86,94         |
| 5- Taiwan A-46                           | 82,17B                             | 78,50C      | 72,83C      | 86,33A      | 79,96         |
| 6- Duro de Volta Grande                  | 80,17B                             | 76,75C      | 83,83B      | 83,00A      | 80,94         |
| 7- Gramafante                            | 83,34B                             | 88,50B      | 86,41B      | 80,33A      | 84,65         |
| 8- Guaçu/I,Z,2                           | 89,42A                             | 98,25A      | 97,50A      | 91,00A      | 94,04         |
| 9- King Grass                            | 92,67A                             | 84,33B      | 91,25A      | 90,33A      | 89,65         |
| 10- 903-77ou Australiano                 | 83,25B                             | 84,08B      | 86,92B      | 85,25A      | 84,88         |
| 11- Pasto Panamá                         | 92,92A                             | 94,50A      | 91,08A      | 89,08A      | 91,90         |
| 12- 03 AD IRI                            | 91,33A                             | 91,67A      | 88,50B      | 88,33A      | 89,96         |
| Médias                                   | 86,09                              | 87,10       | 87,10       | 86,69       | 86,75         |
| <b>LARGURA DA LÂMINA FOLIAR (cm)</b>     |                                    |             |             |             |               |
| <b>Genótipos</b>                         | <b>Espaçamentos entre fileiras</b> |             |             |             | <b>Médias</b> |
|  | <b>0,5m</b>                        | <b>1,0m</b> | <b>1,5m</b> | <b>2,0m</b> |               |
| 1- Três Rios                             | 2,85A                              | 2,78B       | 3,02B       | 3,30B       | 2,99          |
| 2- Gigante de Pinda                      | 2,82A                              | 3,24B       | 2,92B       | 2,95B       | 2,98          |
| 3- Porto Rico 534-B                      | 2,76A                              | 2,85B       | 3,04B       | 3,14B       | 2,95          |
| 4- Pusa Napier N 1                       | 2,83A                              | 3,03B       | 2,76B       | 3,08B       | 2,93          |
| 5- Taiwan A-46                           | 2,41A                              | 2,44C       | 2,42B       | 2,76B       | 2,51          |
| 6- Duro de Volta Grande                  | 2,50A                              | 2,43C       | 2,87B       | 2,74B       | 2,64          |
| 7- Gramafante                            | 2,92A                              | 3,18B       | 2,98B       | 2,80B       | 2,97          |
| 8- Guaçu/I,Z,2                           | 2,98A                              | 4,15A       | 3,82A       | 3,74A       | 3,67          |
| 9- King Grass                            | 2,66A                              | 3,04B       | 3,62A       | 3,53A       | 3,21          |
| 10- 903-77ou Australiano                 | 2,79A                              | 2,88B       | 3,84A       | 2,98B       | 3,12          |
| 11- Pasto Panamá                         | 3,19A                              | 3,78A       | 3,68A       | 3,93A       | 3,65          |
| 12- 03 AD IRI                            | 2,94A                              | 4,00A       | 3,13B       | 3,73A       | 3,45          |
| Médias                                   | 2,80                               | 3,15        | 3,18        | 3,22        | 3,09          |

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo, pelo critério de Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade.

A maioria dos valores de coeficiente de variação (C.V%) obtidos nas variáveis foi considerada baixa, demonstrando que o estudo apresentou boa precisão experimental. Os altos valores de C.V% obtidos para produtividade (32,67%), peso seco (30,49) e número de perfilhos (23,20), podem ser considerados aceitáveis uma vez que essas características são de natureza quantitativa, sendo assim, altamente influenciadas pelo ambiente (Tabela 7). Altos valores de coeficiente de variação para características de capim-elefante também foram encontrados por Daher et al. (2016) e Menezes et al. (2016).

A análise de variância revelou diferenças significativas ( $p \leq 0.01$ ) dos genótipos para todas as variáveis analisadas. Este resultado demonstra que existe alta variabilidade genética entre os genótipos de capim-elefante, justificando um estudo pormenorizado do comportamento destes para seleção dos genótipos que apresentam características de interesse agrônômico e que darão continuidade ao programa de melhoramento de capim-elefante.

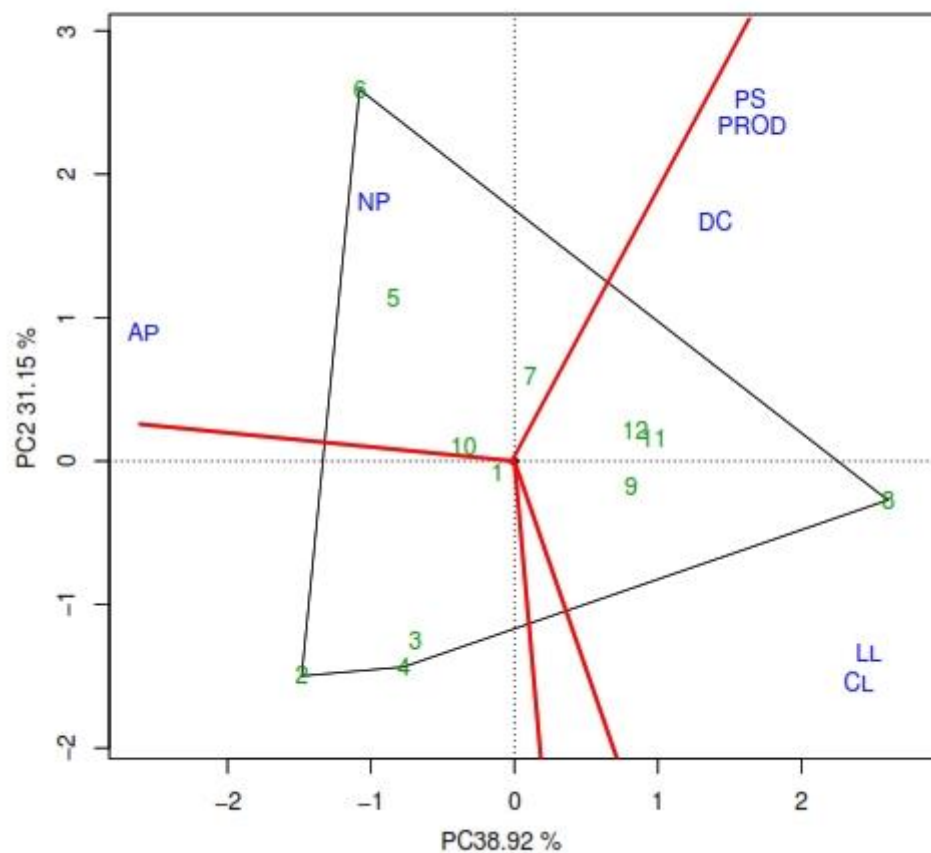
**Tabela 7.** Estimativas dos quadrados médios das variáveis: produtividade (PROD), peso seco (PS), número de perfilho por metro (NP), diâmetro do colmo (DC), altura da planta (AP), comprimento da lâmina foliar (CL) e largura da lâmina foliar (LL) de 12 genótipos de capim-elefante, avaliados em Campos dos Goytacazes-RJ, 2016 a 2018, médias de 4 cortes

| FV        | GL | QM     |         |         |         |         |         |        |
|-----------|----|--------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
|           |    | PROD   | PS      | NP      | DC      | AP      | CL      | LL     |
| Blocos    | 3  | 435    | 13,08   | 70,15   | 10,28   | 2,55    | 116,9   | 0,71   |
| Genótipos | 11 | 1372** | 14,33** | 945,0** | 33,29** | 0,621** | 875,8** | 6,21** |
| Resíduos  | 33 | 187    | 3,42    | 135,1   | 5,67    | 0,056   | 111,3   | 0,3681 |
| Média     |    | 41,89  | 4.44    | 35.08   | 12.83   | 3.41    | 86.75   | 3.09   |
| C.V%      |    | 32,67  | 30,49   | 23,20   | 18,59   | 9,52    | 10,87   | 20,94  |

\*\* significativo a 1%, 5% de probabilidade, pelo teste F.

Os dois primeiros componentes principais (PCs) da análise *BIPLLOT* de genótipos x características (GT *BIPLLOT*) representaram um total de 70,07% da variação total (Figura 2). Sendo assim, a representação gráfica se mostrou eficaz para seleção dos genótipos, com base nas características de interesse, permitindo uma interpretação segura dos resultados obtidos (Oliveira et al., 2018).

O *BIPLLOT* “*which-won-where*” permite agrupar os genótipos de acordo com as características em que estes obtiveram melhores desempenhos. Desta forma, as linhas perpendiculares, divide o *BIPLLOT* em diferentes grupos, onde os genótipos alocados nos vértices (genótipos de vértices) são classificados com os mais responsivos para as variáveis contidas no grupo (Yan, 2001; Yan & Frégeau-Reid, 2018). De forma inversa, os genótipos alocados dentro do polígono são menos responsivos do que os genótipos de vértices.



**Figura 2.** Análise GT *BIPLLOT* de genótipos de capim-elefante versus características representando o “quem-ganhou-onde”. Nota: AP: altura da planta; NP: número de perfilhos por metro; DC: diâmetro do colmo; CL: comprimento da lâmina foliar; LL: Largura da lâmina foliar; PS: peso seco e PROD: rendimento de matéria seca em toneladas por hectare. Fonte: compilação do autor.

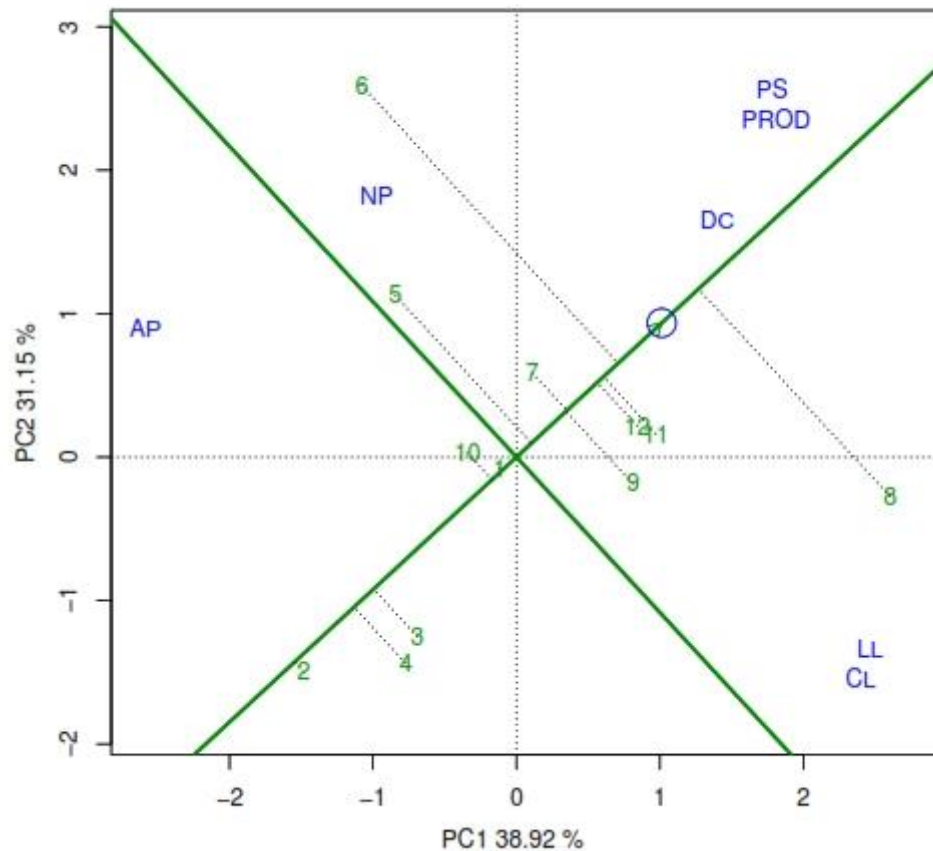
Posto isso, o *BIPLLOT* foi dividido em três diferentes grupos, de forma que o primeiro grupo consistiu-se pela altura da planta (AP) e o número de perfilho (NP), alocando os genótipos 6, 5, 7 e 10 como mais responsivos para essas características, respectivamente. Os genótipos 8, 11, 9 e 12, nessa ordem, se



destacaram para o segundo grupo, formado por peso seco (PS), produtividade (PROD), diâmetro do colmo (DC), largura da lâmina foliar (LL) e comprimento da lâmina (CL). O terceiro grupo alocou os genótipos 1, 2, 3 e 4, no entanto não agrupou nenhuma característica. Dessa forma, estes genótipos são considerados desfavoráveis em relação aos grupos de características estudadas, não sendo indicados para programas de melhoramento de capim-elefante.

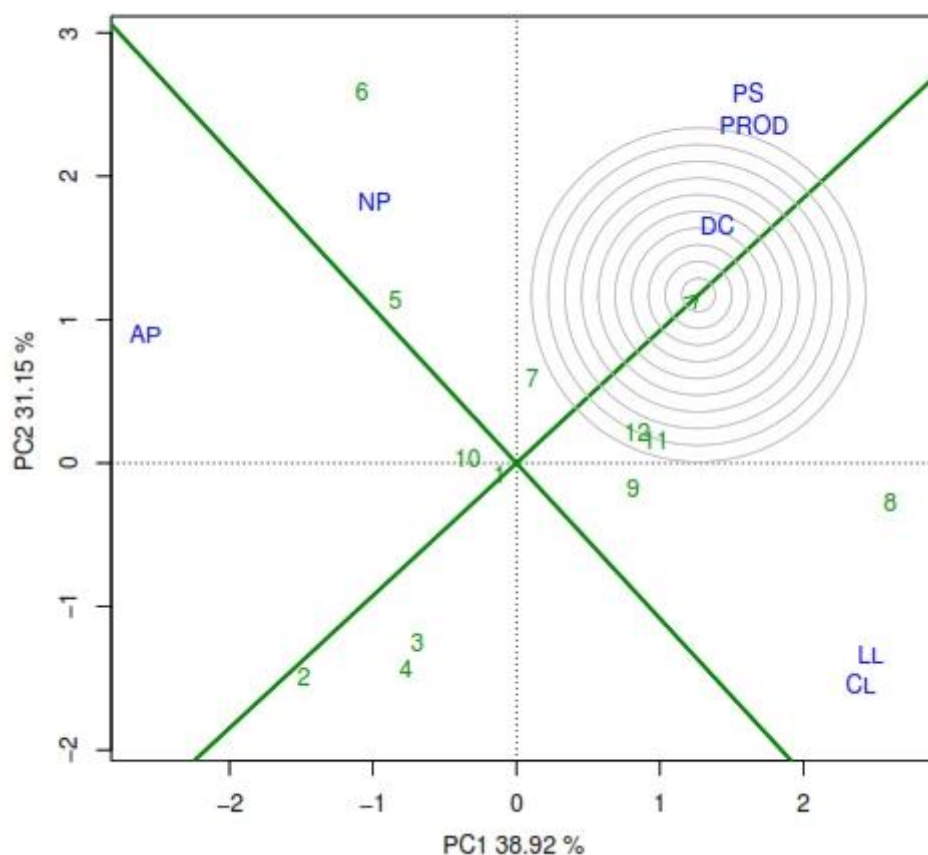
O *BI PLOT* “*means x stabilities*” apresenta um círculo na reta que cruza o eixo das coordenadas, o que representa a média das características (Yan & Kang, 2003) (Figura 3). A coordenada que passa perpendicularmente ao eixo das abscissas indica quais genótipos estão abaixo e acima da média (Yan & Kang, 2003; Yan & Tinker, 2006). Desta forma, os genótipos alocados próximos da média apresentam maior representatividade para a característica. Já o comprimento da projeção formada de um genótipo até o eixo Y (reta que passa pela origem) demonstra sua estabilidade (Yan, 2001).

Por conseguinte, o genótipo 8 se destacou por apresentar média acima da média geral, seguido dos genótipos 6, 11, 12, 7, 9 e 5, respectivamente, com valores dentro da média geral. Destes, apenas os genótipos 7, 11 e 12 foram considerados estáveis. Os demais genótipos exibiram médias abaixo da média geral.



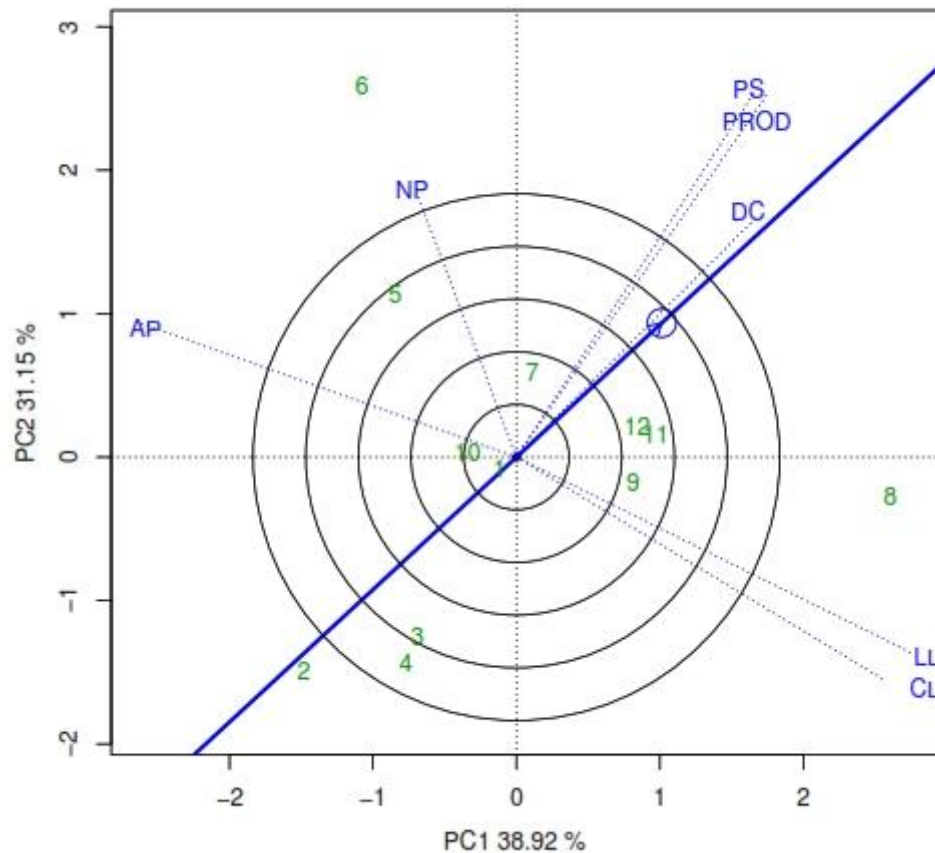
**Figura 3.** Análise de GT *BIPL*OT de genótipos versus características, representando as médias  $\times$  estabilidades, indicando as classificações de produção de genótipos de capim-elefante de acordo com as suas características. Nota: AP: altura da planta; NP: número de perfilho por metro; DC: diâmetro do colmo; CL: comprimento da lâmina foliar; LL: largura da lâmina foliar; PS: peso seco; PROD: produtividade de matéria seca em toneladas por hectare. Fonte: compilação do autor.

O genótipo considerado ideal, identificado a partir do comprimento do vetor, deve apresentar longa projeção em PC1 (alto rendimento) e menor projeção em PC2 (alta estabilidade), localizando-se o mais próximo possível da seta presente no centro dos círculos concêntricos (Yin & Huang, 2010). Desta forma, os genótipos 11 e 12 foram considerados ideais, apresentando médias altas para todas as características e servindo como referência para a avaliação dos demais (Figura 4).



**Figura 4.** Análise de GT *BIPLOT* comparando os genótipos de capim-elefante avaliados para estimar o genótipo ideal. Nota: AP: altura da planta; NP: número de perfilho por metro; DC: diâmetro do colmo; CL: comprimento da lâmina foliar; LL: largura da lâmina foliar; PS: peso seco; PROD: produtividade de matéria seca em toneladas por hectare. Fonte: compilação do autor.

A capacidade de discriminação e representatividade das variáveis avaliadas podem ser visualizadas na Figura 5, onde quanto maior o valor de PC1, maior é a capacidade de discriminação da variável. Já a representatividade será maior, quanto menor for o ângulo formado entre a variável e a linha que representa o círculo formado com a seta, ou seja, quanto menor for PC2 (Yan & Kang, 2003; Yan & Tinker, 2006).



**Figura 5.** Análise GT *BIPLLOT* em genótipos de capim-elefante avaliados com a discriminação e representatividade das características. Nota: AP: altura da planta; NP: número de perfilho por metro; DC: diâmetro do colmo; CL: comprimento da lâmina foliar; LL: largura da lâmina foliar; PS: peso seco; PROD: produtividade de matéria seca em toneladas por hectare. Fonte: compilação do autor.

Sendo assim, DC, PS e PROD foram consideradas as variáveis com maiores poderes de discriminações e boas representatividades, podendo ser utilizadas para seleção de genótipos com várias características de interesses agrônômicos. Já LL, CL e AP foram consideradas altamente discriminantes e não representativas, permitindo selecionar genótipos de capim-elefante que apresentem bons desempenhos apenas para essas características (Yan & Kang, 2003; Yan & Tinker, 2006; Yan et al., 2007). A característica NP pode ser descartada por apresentar menor discriminação e representatividade.

Além disto, este gráfico permite obter informações sobre o grau de associação entre as características avaliadas, de tal forma que, as características que formam ângulos agudos ( $<90^\circ$ ) são positivamente correlacionados, ângulos

obtusos ( $>90^\circ$ ) são negativamente correlacionadas, ângulo reto ( $=90^\circ$ ) a correlação é nula e as que formam ângulos de  $180^\circ$ , são fortemente correlacionados negativamente.

Diante disto, PROD apresentou correlações positivas com PS, DC e NP. Desta forma, a seleção de genótipos com base nestas características acarretará em maiores ganhos da PS e PROD. O NP apresentou correlação positiva com DC, PS, PROD e AP. Esses resultados podem ser explicados pela variação nos espaçamentos permitindo plantios pouco adensados, uma vez que plantios mais densos resultam em plantas com menor diâmetro de colmo (De Sá Medica et al., 2017; Reis; Santos, 2013; Menezes et al., 2014).

## 6. RESUMO E CONCLUSÕES

Houve variabilidade entre os genótipos, entre os espaçamentos, para todas as características estudadas indicando que é possível selecionar genótipos mais produtivos de capim-elefante para fins de produção de biomassa.

Foi possível observar que o espaçamento de 0,5 m entre fileiras produziu menores quantidades de biomassa seca por metro, no entanto, obteve maiores estimativas de produtividade de biomassa por hectare, na média dos quatro cortes.

Os genótipos 7 (Gramafante), 11 (Pasto Panamá) e 12 (03 AD IRI) foram considerados como os mais estáveis por estarem próximos da média geral, porém apenas os genótipos 11 (Pasto Panamá) e 12 (03 AD IRI) foram considerados ideais, por estarem próximos do círculo concêntrico para as variáveis diâmetro do colmo, peso seco e produtividade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABU N. E.; UGURU M. I.; OBI I. U. (2011) Genotype by trait relations of yield and yield components in aromatic peppers (*Capsicum annum*) based on GT biplot. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*. 3: 382 - 390.
- AGROSOFT BRASIL. Capim-elefante, novo campeão em biomassa no Brasil. Agência Envolverde. (2008) Disponível em: <http://www.agrosoft.org.br/pdf.php/?node=26484> . Acesso em: 17/01/2016.
- ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON-PINHO, R. G.; RODRIGUES, J. A. S.; BRANT, R. S.; MENDES, M. C. (2011) Espaçamento e densidade de semeadura para cultivares de sorgo granífero no semiárido. *Bragantia*, v.70, n.2, p.278-285.
- ALCÂNTARA, P. B.; BUFARAH, G. (1983) Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas. São Paulo, *Editora Nobel*, 2ª ed., 150p.
- ALEXANDRE, J.; ALVES, M. G.; RAMOS, I. S.; XAVIER, G. C. (2007) Panorama do Polo Cerâmico e do Município de Campos dos Goytacazes – RJ. Campos dos Goytacazes. *CD-ROM*.
- ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M.; FONSECA, D. M. da.; GOMIDE, J. A.; ALVAREZ, V. H.; MARTINS, C. E.; SOUZA, D. P. H. de. (2000). Produtividade e valor nutritivo do capim-elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39 (10): 2132-2140.

- ARAÚJO, M. S. B.; DAHER, R. F.; MENEZES, B. R. S.; GRAVINA, G. A.; SILVA, V. B.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; RODRIGUES, E. V.; ALMEIDA, B. O.; PONCIANO, N. J. (2017) Stability of annual biomass energy production of elephant grass (*Cenchrus purpureus* (Schumach.) genotypes in the Northern region of the Rio de Janeiro State, Brazil. *Genetics and Molecular Research* 16 (3): gmr16039041, pág. 1-11.
- ATNAF, M.; TESFAYE, K.; DAGNE, K.; WEGARY, D. (2017) Genotype by trait *BI*PLOT analysis to study associations and profiles of Ethiopian white lupin ('*Lupinus albus*' L.) landraces. *Australian Journal of Crop Science*, v. 11, n. 1, p. 55.
- BADU-APRAKU B. AND AKINWALE R. O. (2011). Cultivar evaluation and trait analysis of tropical early maturing maize under *Striga* and *Striga*-free environments. *Field Crops Research* 121: 186-194.
- BARBÉ, T. C. (2012) *Variação de caracteres morfoagronômicos, fisiológicos e da qualidade da biomassa energética de capim-elefante (Cenchrus purpureus Schumach.) em função da idade da planta*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 140p.
- BENNET, H. W. (1976) Pasto Johnson, pasto alfombra y otras gramíneas para el sur humedo de los Estados Unidos. In: Hugres HD, Heath ME and Metcalfe DS (eds) *Forrages*, México, C.E.C.S.A., Cap. 29. p.321-34.
- BHATTI, M. B.; DOST, MOHAMMAD; SARTAJ, SULTANI; SULTANI, M. I. (1985) Effect of different inter-and intra-row spacings on forage yield and quality in elephant grass. *Pakistan Journal of Agricultural Research*. v.6, n.2 p.107-112.
- BOGDAN, A. V. (1977) Tropical pasture and fodder plants (grasses and legumes), *Tropical Agricultural Series*, London. 241p.
- BRUNKEN, J. N. (1977) A systematic study of *Pennisetum* Sect. *Pennisetum* (Gramineae). *American Journal of Botany*, New York, v. 64, n.2, p.161-176.
- CARVALHO, L. A. *Cenchrus purpureus* (Schumach.) (1985) Revisão. *Embrapa-CNPGL*, Coronel Pacheco, MG, 86p. (Boletim de Pesquisa, 10).



- CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D. J.; CARVALHO, L. de A. (1997) Capim-elefante: Produção e utilização. Juiz de Fora, *Embrapa-CNPGL*, p.31-46.
- CHEMISQUY M. A.; GIUSSANI L. M.; SCATAGLINI M. A.; KELLOGG E. A.; MORRONE O. (2010) Phylogenetic studies favour the unification of *Pennisetum*, *Cenchrus* and *Odontelytrum* (Poaceae): a combined nuclear, plastid and morphological analysis, and nomenclatural combinations in *Cenchrus*. – *Annals of Botany*. 106: 107–130.
- COUTO, A. M.; PROTÁSIO, T. de P.; TRUGILHO, P. F.; NEVES, T. A.; SÁ, V.A A. de. (2013) Multivariate analysis applied to evaluation of Eucalyptus clones for bioenergy production. *CERNE*, 19(4), 525-533.
- CRUZ, C. D. (2006) Programa Genes - Análise multivariada e simulação. 1. ed. Viçosa, MG: *Editores UFV*, v. 1. 175 p.
- CRUZ, C. D. (2013) GENES- a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.35, n.3, pág. 271-276.
- DAHER, R. F.; MORAES, C. F.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, A. V.; XAVIER, D. F. (2000) Seleção de caracteres morfológicos discriminantes em capim-elefante (*Cenchrus purpureus* (Schumach.)). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 26 (2): 265-70.
- DAHER, R. F.; SOUZA, L. B.; GRAVINA, G. A.; MACHADO, J. C.; RAMOS, H. C. C.; SILVA, V. Q. R.; MENEZES, B. R. S.; SCNEIDER, L. S. A.; OLIVEIRA, M. L. F.; GOTTARDO, R. D. (2014) O uso de capim-elefante para produção de energia em Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil. *Genetics and Molecular Research*, 13 (4): 10898-10908.
- DAHER, R. F.; DA SILVA MENEZES, B. R.; RODRIGUES, E. V.; OLIVEIRA, M. L. F.; ARAUJO, M. S. B.; SILVA, V. B.; NOVO, A. A. C. (2016) Emergency of elephant-grass genotypes with potential for use in plant breeding programs. *Vertices*, v. 18, n. 3, p. 123-134.
- DE SÁ MEDICA, J. A.; REIS, N. S.; SANTOS, M. E. R. (2017) Caracterização morfológica em pastos de capim-Marandu submetidos a frequências de desfolhação e níveis de adubação. *Ciência Animal Brasileira*, v. 18, p. 1-13.

- DEHGHANI H.; OMIDI H.; SABAGHNIA N. (2008) Graphic analysis of trait relations of canola (*Brassica napus* L.) using *biplot* method. *Agronomy Journal* 100: 760-764.
- DERESZ, F. (1999) Utilização do capim-elefante sob pastejo rotativo para produção de leite e carne. Circular Técnica, EMBRAPA/CNPGL, Juiz de Fora-MG, 54.
- DRM-RJ – Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro (2014) Panorama Mineral do Estado do Rio de Janeiro. Rio De Janeiro, RJ. Disponível em: <http://www.drm.rj.gov.br/>. Acessado em 20 de outubro de 2018.
- FARIA, V. P. de (1994) Formas de uso do capim-elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE CAMPIM-ELEFANTE, 2., Coronel Pacheco. Anais...Coronel Pacheco, MG: EMBRAPA/CNPGL, 139-148.
- FARID, M.; EARL, H. J.; PAULS, K. P.; NAVABI, A. (2017) Response to selection for improved nitrogen fixation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Euphytica*, v. 213, n. 4, p. 99.
- FLORES, R. A. (2009) Produção de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* (Schumach.) para fins energéticos no cerrado: resposta a adubação Nitrogenada e idade de corte. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro *Instituto de Agronomia Curso de PósGraduação em Agronomia Ciência do Solo*, Seropédica, RJ.
- FREITAS, R. S.; BARBÉ, T. C.; DAHER, R. F.; VIDAL, A. K. F.; STIDA, W. S.; da SILVA, V. B.; MENEZES, B. R. da S.; PEREIRA, A. V. (2018) Chemical composition and energy yield of elephant-grass biomass as function of five different production ages. *Journal of Agricultural Science*; Vol. 10, No. 1.
- GABRIEL, K. R. (1971). The *biplot* graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*. **58** (3): 453–467. [doi: 10.1093/biomet/58.3.453](https://doi.org/10.1093/biomet/58.3.453).
- GONZALEZ A. M; MONTEAGUDO A. B; CASQUERO P. A; DE RON A. M.; SANTALLA M. (2006) Genetic variation and environmental effects on agronomical and commercial quality traits in the main European market classes of dry bean. *Field Crops Research*, 95: 336-347.

- GUTIERREZ, M.; EDWARDS, G. E.; BROWN, W. V. (1976) PEPcarboxilase containing species in the Brachiaria group of the family *Panicoidae*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 4, 47-49.
- HONGYU, K. (2015) *Comparação do GGEbiplot ponderado e AMMI-ponderado com outros modelos de interação genótipo x ambiente*. 155p. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agrônômica) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", *Universidade de São Paulo*, Piracicaba, 2015.
- HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; JUNIOR, G. J. O. (2016) Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. *E&S - Engineering and Science*, 5:1. Pág.83-90.
- HOTELLING, H. (1933) Analysis of a complex of statistical variables into principal components. *The Journal Educational Psychology*, Cambridge, v.24, p.498-520.
- HOTELLING, H. (1936) Simplified calculation of principal components. *Psychometrika*, Williamsburg, v.1, p.27-35.
- IBRAHIM, N.; KAMARUDIN, S. K.; MINGGU, L. J. (2014) Biofuel from biomass via photoelectrochemical reactions: An overview. *Journal of Power Sources*, 259 (1):33-42.
- INSTITUTO HÓRUS de Conservação e desenvolvimento ambiental (2005) [www.institutohorus.org.br](http://www.institutohorus.org.br). - Acesso em: 09 de novembro de 2018.
- JACQUES, A. V. A. (1990) Fisiologia do crescimento do capim-elefante. In: Carvalho, L. de A.; Carvalho, M. M.; Martins, C. E.; Vilela, D. eds. Simpósio sobre capim-elefante. Anais. Coronel Pacheco: *Embrapa-CNPGL*.
- KÖPPEN, W. (1948) Climatologia: con um estudio de los climas de La Tierra, México: *Fondo de Cultura Economica*, 479 p.
- LEE S. J.; YAN W.; JOUNG K. A; ILL M. C. (2003) Effects of year, site, genotype, and their interaction on the concentration of various isoflavones in soybean. *Field Crops Research*, 81: 181-192.
- LEITE, W. D. S.; PAVAN, B. E.; DE ALCANTARA NETO, F.; MATOS FILHO, C. H. A.; FEITOSA, F. S.; DE OLIVEIRA, C. B. (2016) Multivariate exploratory

approach and influence of six agronomic traits on soybean genotypes selection. *Nativa*, v. 4, n. 4, p. 206-210.

- LEMUS, R.; BRUMMER, E. C.; MOORE, K. J.; MOLSTAD, N. E.; BURRAS, C. L.; BARKER, M. F. (2002) Biomass yield and quality of 20 switchgrass populations in Southern Iowa, USA: *Biomass & Bioenergy*, 23:433-442.
- LIMA, E. S.; SILVA, J. F. C.; VASQUEZ, H. M.; ANDRADE, E. N.; DEMINICIS, B. B.; MORAIS, J. P. G.; COSTA, D. P. G.; ARAÚJO, S. A. C. (2010) Características agronômicas e nutritivas das principais cultivares de capim-elefante do Brasil. *Veterinária e Zootecnia*, 17(3): 324-334.
- LIMA, R. S., DAHER, R. F., GONCALVES, L. S., ROSSI, D. A., DO AMARAL JÚNIOR, A. T., PEREIRA, M. G., E LÉDO, F. J. S. (2011) RAPD and ISSR markers in the evaluation of genetic divergence among accessions of elephant grass. *Genetics Molecular Research*, 10:1304-1313.
- MACHADO, AVELINO N.; SIEWERDT, LOTAR; SILVEIRA JÚNIOR, PAULO; SIEWERDT, FRANK. (1996) Efeito do espaçamento de plantio na produção e qualidade de forragem capim-elefante cv. Três Rios. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.2, nº 1, 57-62.
- MAIA, M. C. C.; ARAÚJO, L. B. D.; DIAS, C. T. D. S.; OLIVEIRA, L. C. D.; VASCONCELOS, L. F. L.; CARVALHO JÚNIOR, J. E. V. D.; SIMEÃO, M.; BASTOS, Y. G. M. (2016) Selection of mango rosa genotypes in a breeding population using the multivariate-*BI PLOT* method. *Ciência Rural*, v. 46, n. 10, p. 1689-1694.
- MATHOBO, R.; MARAIS, D. (2017) Evaluation of genotype x environment interaction using GGE-*BI PLOT* on dry beans ('Phaseolus vulgaris' L.) in Limpopo province of south Africa. *Australian Journal of Crop Science*, v. 11, n. 5, p. 506.
- MAY, P. H.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. (2010) (Org.) Economia do meio ambiente: teoria e prática. 2. ed. Rio de Janeiro, *Elsevier*.
- MAY, A.; SOUZA, V. F. de; GRAVINA, G. de A.; FERNANDES, P. G. (2016) Plant population and row spacing on biomass sorghum yield performance. *Ciência Rural*, v. 46, p. 434-439.

- MAZZARELLA, V. (2000) Projeto prevê a obtenção de energia através da utilização de capim-elefante. *Revista Meio Ambiente Industrial*. 24 ed. n. 23, p.82-83.
- MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E. F.; BERNARDO, S.; SUGAWARA, M. T.; PEÇANHA, A. L.; GOTTARDO, R. D. (2007) Determinação do coeficiente cultural (Kc) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em Campos dos Goytacazes, RJ. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 471-475.
- MENEZES, B. R.; DAHER, R. F.; GRAVINA, G. D. A.; DO AMARAL JÚNIOR, A. T.; OLIVEIRA, A. V.; SCHNEIDER, L. S.; SILVA, V. B. (2014) Correlações e análise de trilha em capim-elefante para fins energéticos. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 9, n. 3.
- MENEZES, B. R. D. S.; DAHER, R. F.; GRAVINA, G. D. A.; SILVA, V. B.; RODRIGUES, E. V.; OLIVEIRA, M. L.; TARDIN, F. D.; PONCIANO, N. J.; DE ARAÚJO, M. D. S.; ROCHA, A. D. S. (2016) Seleção de genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) utilizando a metodologia REML/BLUP. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 39, n. 3, p. 360-365.
- MONTI, A.; FAZIO, S.; LYCHNARAS, V.; SOLDATOS, P.; VENTURE, G. A. (2007) Full economic analysis of switch grass under diferentes cenários in Italy estimated by BEE model. *Biomass and Bioenergy*, v.31, p.177-185.
- MORAIS, R. F.; SOUZA, B. J.; LEITE, J. M.; SOARES, L. H. B.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. (2009) Elephant grass genotypes for bioenergy production by direct biomass combustion. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 44: 133-140.
- MOTTA, DA R. S.; FERRAZ, C.; YOUNG C. E. F.; et al., (2000) O mecanismo de desenvolvimento limpo e o financiamento do desenvolvimento sustentável no Brasil. Rio de Janeiro: *Instituto de Economia Aplicada*, 46 p.
- NAKASHIMA, G. T.; PROVEDEL, M. M.; DA SILVA, D. A.; CHRISOSTOMO, W.; YAMAJI, F. M. (2014) Aproveitamento de resíduos vegetais para a produção de briquetes. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*. N° 34, p.22-29. <http://abes-dn.org.br/publicacoes/rbciamb/PDFs/Ed34.pdf> (Acessado 10-06-17).

- NOVO, A. A. C. (2015) *Efeito de Níveis de Nitrogênio e Potássio em Características Morfoagronômicas e Análise Econômica de Genótipos de Capim-Elefante (Cenchrus purpureus (Schumach.) para Fins Energéticos*. Tese de Doutorado. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 137p.
- OBER E. S.; BLOA M. L.; CLARK C. J. A.; ROYAL, A. K.; JAGGARD W.; PIDGEON K. W. (2005) Evaluation of physiological traits as indirect selection criteria for drought tolerance in sugar beet. *Field Crops Research* 91: 231-249.
- OLIVEIRA, E. S.; DAHER, R. F.; TUNES, E. N.; SOARES, R. T. R. N.; GONÇALVES, A. C. S.; GRAVINA, G. A. (2012) Potencial de germinação de estacas e avaliação de características morfoagronômicas em seis cultivares de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* (Schumach.) para fins energéticos em Campos dos Goytacazes, RJ. *Natureza on line*, v.10, n.1, p.39-45.
- OLIVEIRA, A. V. de; DAHER, R. F.; MENEZES, B. R. da S.; GRAVINA, G. A.; SOUSA, L. B. de; GONÇALVES, A. C. da S.; OLIVEIRA, M. L. F. (2013) Avaliação do Desenvolvimento de 73 Genótipos de Capim-Elefante em Campos dos Goytacazes – RJ. *Boletim da Indústria Animal*. 70 (2): 11-131.
- OLIVEIRA, M. L. F.; DAHER, R.F.; GRAVINA, G. A.; SILVA, V. B.; VIANA, A. P.; RODRIGUES, E. V.; SHIMOYA, A.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; MENEZES, B. R. S.; ROCHA, A. S. (2014) Pre- breeding of elephant grass for energy purposes and biomass analysis in Campos dos Goytacazes- RJ, Brazil. *African Journal of Agricultural Research*. , v.9, p.2743- 2758.
- OLIVEIRA, M. L. F. (2015) *Avaliação Uni e Multivariada de Características Morfoagronômicas para Fins Energéticos e estudo da Diversidade Genética do Capim-elefante com Base em Características Quantitativas e Multicategóricas*. Tese de Mestrado. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 97p.
- OLIVEIRA, T. R. A. D.; GRAVINA, G. D. A.; OLIVEIRA, G. H. F. D.; ARAÚJO, K. C.; ARAÚJO, L. C. D.; DAHER, R. F.; VIVAS, M.; GRAVINA, L. M.; CRUZ, D. P. D. (2018) The GT *BI*PLOT analysis of green bean traits. *Ciência Rural*, v. 48, n. 6, p. 1-6.

- OLIVEIRA, T. R. A. de ; OLIVEIRA, G. H. F. de ; COSTA, EMILIANO FERNANDES NASSAU ; GRAVINA, G. de A. ; Dos Santos, R. D. ; CARVALHO FILHO, J. L. S. (2019) Hybrid maize selection through GGE biplot analysis. *Bragantia*.
- OSAVA, M. (2007) Capim-elefante, novo campeão em biomassa no Brasil. Disponível em: <http://www.udop.com.br/index.php?cod=78326&item=noticias> e em: <http://www.mwglobal.org/ipsbrasil.net/nota.php?idnews=3292>. Acesso em: 20/02/2016.
- PACHECO, F., (2006) Energias Renováveis: breves conceitos. *Conjuntura e Planejamento*, SEI:4-11.
- PACIULLO, D. S. C.; DERESZ, F.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; VERNEQUE, R. DA S. (2003) Morfogênese e acúmulo de biomassa foliar em pastagem de capim-elefante avaliada em diferentes épocas do ano. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, n.7, p.881-887.
- PASSOS, L. P. (1999). Fisiologia do capim-elefante: uma revisão analítica. In: PASSOS, L. P.; CARVALHO, L. A.; MARTINS, C. E. et al., (Eds.) *Biologia e manejo do capim-elefante*. Juiz de Fora: *Embrapa Gado de Leite*: 29-62.
- PEREIRA, A. V. (1993) Escolha de variedades de capim-elefante. In: Peixoto, A. M.; Moura, J. C. e Faria, V. P (ed) *Simpósio sobre manejo de pastagem*. 10. Anais... Piracicaba: 45-62.
- PEREIRA, A. V.; VALLE, C. B.; FERREIRA, R. P.; MILES, J. W. (2001) Melhoramento de forrageiras tropicais. In: Nass, L. L.; Valois, A. C. C.; Melo, I. S.; Valadares-Ingres, M. C. (Ed.). *Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas*. Rondonópolis: Fundação Mato Grosso, p.549-602.
- PEREIRA, A. V.; DAHER, R. F.; PEREIRA, M. G.; LEDO, F. J. DA S.; SOBRINHO, F. DE S.; AMARAL JUNIOR, A. T.; FREITAS, V. DE P.; PEREIRA, T. N. S.; FERREIRA, C. F. (2006) Análise de cruzamentos dialélicos entre capim-elefante (*Cenchrus purpureus* (Schumach.) e milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. BR. 2. Características bromatológicas. *Acta Scientiarum Agronomy*. V. 28, n. 2, p. 277-285.
- PEREIRA, A. V.; MACHADO, M. A.; AZEVEDO, A. L. S.; NASCIMENTO, C. S.; CAMPOS, A. L.; LEDO, F. J. S. (2008) Diversidade genética entre acessos de

- capim-elefante obtida com marcadores moleculares. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37 (7):1216-1221.
- PETERSON, D. M.; WESEBERG, D. M, BURRUP, D. E.; ERICKSON, C. A. (2005) Relationships among agronomic traits and grain composition in oat genotypes grown in different environments. *Crop Science* 45(1): 249-255.
- QUESADA, D. M.; BODDEY, R. M.; REIS, V. M.; URQUIAGA, S. (2004) Parâmetros qualitativos de genótipos de capim-elefante (*Cenchrus purpureus* (Schumach.) estudados para a produção de energia através da biomassa. Circular Técnica 8, Seropédica, RJ.
- RAMOS, I. S.; ALVES, M. G.; ALEXANDRE, J. (2006) Diagnóstico do polo cerâmico de Campos dos Goytacazes-RJ. *Revista Cerâmica Industrial*, 11: 28-32.
- REGAZZI, A. J. (2000) Análise multivariada, notas de aula INF 766, Departamento de Informática da Universidade Federal de Viçosa, v.2.
- RIBEIRO, F. (2002) Cerâmicas substituem usinas e salvam a lavoura da Baixada. Monitor Campista, Campos dos Goytacazes, 23 dez. *Economia*, p. 3.
- ROCHA, A. dos S. (2015) *Estudos de interação genótipos por cortes semestrais e correlações em capim-elefante para fins energéticos*. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 70p.
- ROCHA, A. S.; DAHER, R. F; GRAVINA, G. A.; PEREIRA, A. V.; RODRIGUES, E. V.; VIANA, A. P.; SILVA, V. Q. R.; JUNIOR, A. T. A.; N. A. A. C.; OLIVEIRA, M. L. F.; OLIVEIRA, E. S. (2015) Comparison of stability methods in elephant-grass genotypes for energy purposes. *African Journal of Agricultural Research*. Vol. 10(47), pp. 4283-4294.
- ROCHA, A. M.; SILVA, M. S.; FERNANDES, F. M.; PAULILLO, L. C. M. S.; TORRES, E. A. (2017) Prospecção tecnológica do capim-elefante e sua relevância como matéria-prima para a produção energética. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 10 (2):475-499.
- ROCHA, D. (2007) Energia limpa - capim-elefante pode substituir o carvão mineral. *Revista Eletrônica Ambiente em Foco – EMBRAPA*



AGROBIOLOGIA. Disponível em:  
<http://www.ambienteemfoco.com.br/?p=3656>. Acesso em: 17/11/2016.

- RODRIGUES, L. R. de A.; PEDREIRA, J. V. S.; MATTOS H. B. de. (1975) Adaptação ecológica de algumas plantas forrageiras. *Zootecnia*, Nova Odessa, v.13, n.4, p.201-218.
- RODRIGUES, L. R. A.; MONTEIRO, F. A.; RODRIGUES, T. J. D. (2001) Capim-Elefante. *Simpósio Sobre Manejo de Pastagens*, 17, Piracicaba, 203-224.
- ROSSI, D. A.; MENEZES, B. R. S.; DAHER, R. F.; GRAVINA, G. A.; LIMA, R. S. N.; LÉDO, F. J. S.; GOTTARDO, R. D.; CAMPOSTRINI, E.; SOUZA, C. L. M. (2014) Canonical correlations in elephant grass for energy purposes. *African Journal of Biotechnology*, 13 (36) 3666-3671.
- RUBIO, J.; CUBERO, J. I.; MARTIN, L. M.; SUSO, M. J.; FLORES, F. (2004) *Biplot* analysis of trait relations of white lupin in Spain. *Euphytica*. 135: 217-224.
- SABAGHNIA, N.; BEHTASH, F.; JANMOHAMMADI, M. (2015) Graphic analysis of trait relations of spinach (*Spinacia oleracea* L.) landraces using the *biplot* method. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* 63(4): 1187-1194.
- SAMONTE, SOPB; TABIEN, R. E.; WILSON, L. T. (2013) Parental selection in rice cultivar improvement. *Rice Science - Journal - Elsevier* 20(1): 45-51.
- SANTOS, M. M. P. (2013) *Otimização da adubação nitrogenada em três cultivares de capim-elefante para fins energéticos no sul do Espírito Santo*. Tese de doutorado. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 147p.
- SANTOS, M. M.; DAHER, R. F.; PONCIANO, N. J.; GRAVINA, G. A.; PEREIRA, A. V.; SANTOS, C. L. (2014) Respostas do capim-elefante sob doses de adubação azotada de cobertura para fins energéticos. *Revista de Ciências Agrárias*. 37(1): 100-108.
- SCARLAT, N.; DALLEMANDA, J.; SKJELHAUGENB, O. J.; ASPLUNDE, D.; NESHEIM, L. (2011) An overview of the biomass resource potencial of Norway for bioenergy use. *Renew able and Sustainable Energy Reviews*, v.15, p. 3388-3398.

- SILVA, M. A. (2008) Interação genótipo x ambiente e estabilidade fenotípica de cana-de-açúcar em ciclo de cana de ano. *Bragantia*, 67: 109-117.
- SOUSA, L. B.; DAHER, R. F.; MENEZES, B. R. S.; RODRIGUES, E. V.; TARDIN, F. D.; GRAVINA, G. A.; PEREIRA, A. V. (2016) Qualidade da biomassa em híbridos de capim-elefante para fins energéticos. *Agrária* (Recife. Online), 11: 85-91.
- SOUZA, V. C. (2005) Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas de flora brasileira, baseado em APG II / Vinícius Castro Souza, Harri Lorenzi. Nova Odessa, SP: *Instituto Plantarum*.
- SOUZA, Y. P de; DAHER, R. F.; PEREIRA, V. A.; SILVA, V. B. da; FREITAS, R. S.; GRAVINA, G. de A. (2017) Repeatability and minimum number of evaluations for morpho-agronomic characters of elephant-grass for energy purposes. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 12, n.3, p.391-397.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. (2017) Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6.ed. Porto Alegre: *Artmed*, 888 p.
- TCACENCO, F. A.; BOTREL, M. A.(1997) Identificação e avaliação de acessos e cultivares de capim-elefante. In: CARVALHO, M. M.; ALVIN, M. J.; XAVIER, D. F.; et al., (Eds) Capim-elefante: produção e utilização. 2ª ed., revisada. Brasília: Embrapa-SPI e Juiz de Fora: *Embrapa-Gado de Leite*, p.1- 30.
- URQUIAGA, S.; ALVES, B.; BODDEY, R. M. (2004) Capim-Elefante: Uma nova fonte alternativa de energia. Ambiente Brasil. Disponível em [www.ambientebrasil.com.br](http://www.ambientebrasil.com.br). Acesso em 25/13/2017.
- URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. (2006) Capim-elefante: Uma Fonte Alternativa Promissora para a Produção de Energia. Disponível em: [http://www.infobibos.com/Artigos/2006\\_2/Capimelefante](http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/Capimelefante). Acessado em outubro de 2017.
- VIDAL, A. K. F.; BARBÉ, T. C.; DAHER, R. F.; FILHO, J. E. A.; DE LIMA, R. S. N.; FREITAS, R. S.; ROSSI, D. A.; OLIVEIRA, E. S.; MENEZES, B. R. S.; ENTRINGER, G. C.; PEIXOTO, W. F. S.; CASSARO, S. (2017). Production potential and chemical composition of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) at different ages for energy purposes. *African Journal of Biotechnology*, 16(25), 1428-1433.

- VIEIRA, A. V. (2006) *Influência do espaçamento, altura de corte e idade de primeiro corte na produtividade de capim-santo*. Dissertação – Universidade Federal do Ceará. 38p.
- WICKHAM, H. (2010) GGplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. *Journal of Statistical Software*, 35: 65-88.
- XAVIER, D. F.; BOTREL, M. A.; DAHER, R. F.; GOMES, F. T.; PEREIRA, A. V. (1995) Caracterização Morfológica e Agronômica de Algumas Cultivares de Capim-Elefante. *Embrapa-CNPGL. Documentos*, 60.
- YAN, W. (2001) GGEbiplot-a Windows application for graphical analysis of multienvironment trial data and other types of two-way data. *Agronomy Journal*, v. 93, n. 5, p. 1111-1118.
- YAN, W. (2014) Genotype-by-trait data analysis and decisionmaking. Chapter 9. In: YAN, W. (ed.) *Crop variety trials: data management and analysis*, 1st ed. *John Wiley & Sons, INC.*, New York. pp 163-186.
- YAN, W.; FREGEAU-REID, J. (2008) Breeding line selection based on multiple traits. *Crop Science*. 48:417–423.
- YAN, W.; HUNT, L. A.; SHENG, Q.; SZLAVNICS, Z. (2000) Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on GGE biplot. *Crop Science* 40:597-605.
- YAN, W.; RAJCAN, I. (2002) *Biplot* analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Science*, 42: 11-20.
- YAN, W.; KANG, M. S. (2003) GGE *BILOT* analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. *CRC Press*, 2002, Boca Raton, 1: 1-288 pp.
- YAN, W.; TINKER, N. A.; MOLNAR, S.; FREGEAU-REID, J.; MCELROY, A. (2007) Associations among oat traits and their responses to the environment in North America. *J Crop Improv.* 20:1–29.
- YAN, W. (2014) *Crop variety trials: Data management and analysis*. *John Wiley & Sons*, 2014. pp. 349 New York, USA.

- YAN, W.; FRÉGEAU-REID, J. (2018) Genotype by yield\*trait (GYT) *BI PLOT*: A novel approach for genotype selection based on multiple traits. *Scientific Reports*, 8: 1-10.
- YAN, W.; KANG, M. S.; MA, B.; WOODS, S.; CORNELIUS, P. L. (2007) GGE *BI PLOT* vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. *Crop science*, v. 47, n. 2, p. 643-653.
- YAN, W.; TINKER, N. A. (2006) *BI PLOT* analysis of multi-environment trial data: Principles and Applications. *Canadian journal of plant science*, v. 86, n. 3, p. 623-645.
- YIN, H.; HUANG, W. (2010) Adaptive nonlinear manifolds and their applications to pattern recognition. *Information Sciences*, v. 180, n. 14, p. 2649-2662.
- ZANETTI, J. B. (2010) *Identificação de genótipos de capim-elefante (Pennisetum purpureum Schumach.) de alta produção de biomassa com qualidade para fins energéticos*. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)- Seropédica- RJ. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro- UFRRJ, 84p.

## ANEXOS

**Tabela 1A-** Resumo da análise de variância (quadrados médios) das características avaliadas, média dos quatro cortes. Campos dos Goytacazes, 2016 a 2018

| Fontes de Variação | G. L. | % Matéria seca | Peso seco (Kg) | Produtividade (t.ha <sup>-1</sup> ) | Número perfilho por m | Diâmetro colmo (mm) | Altura planta (m)  | Compr. lâmina (cm) | Largura lâmina (cm) |
|--------------------|-------|----------------|----------------|-------------------------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| Bloco              | 2     | 0,0031         | 13,1           | 1335,4                              | 70,2                  | 10,29               | 2,55               | 116,9              | 0,72                |
| Tratamento         | 47    | 0,0068**       | 14,0**         | 2341,1**                            | 820,15**              | 12,67 <sup>ns</sup> | 0,29 <sup>ns</sup> | 298,3**            | 2,42**              |
| Resíduo            | 94    | 0,0022         | 4,68           | 591,5                               | 104,7                 | 15,7                | 0,37               | 135,2              | 0,54                |
| Média              |       | 0,37           | 4,44           | 41,90                               | 35,08                 | 12,83               | 3,41               | 86,75              | 3,09                |
| CV%                |       | 12,75          | 48,75          | 58,04                               | 29,2                  | 30,9                | 17,9               | 13,4               | 23,9                |

\*, \*\*, ns, significativo a 1%, 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

**Tabela 2A-** Estimativas de valores médios para as variáveis analisadas em 12 genótipos de capim-elefante, em 4 espaçamentos, médias de 4 cortes, em Campos dos Goytacazes, 2016 a 2018

| Trat | Genótipo | Espaç. | % Matéria seca | Peso seco (Kg) | Produtiv. (t.ha <sup>-1</sup> ) | Núm. perfilho por m | Diâm. colmo (mm) | Altura planta (m) | Compr lâmina (cm) | Largura lâmina (cm) |
|------|----------|--------|----------------|----------------|---------------------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| 1    | 1        | 1      | 0,34B          | 2,39B          | 45,97B                          | 23,67D              | 12,07A           | 3,51A             | 88,5A             | 2,86B               |
| 2    | 2        | 1      | 0,41A          | 2,40B          | 46,68B                          | 25,00D              | 12,12A           | 3,56A             | 83,5B             | 2,83B               |
| 3    | 3        | 1      | 0,42A          | 2,77B          | 52,34B                          | 23,67D              | 12,35A           | 3,39A             | 79,9B             | 2,76B               |
| 4    | 4        | 1      | 0,36B          | 2,90B          | 56,20B                          | 21,08D              | 13,71A           | 3,65A             | 85,9B             | 2,83B               |
| 5    | 5        | 1      | 0,39A          | 3,06B          | 59,04A                          | 27,92D              | 12,73A           | 3,70A             | 82,2B             | 2,41B               |
| 6    | 6        | 1      | 0,40A          | 3,64B          | 70,82A                          | 29,50C              | 11,43A           | 3,60A             | 80,2B             | 2,50B               |
| 7    | 7        | 1      | 0,40A          | 4,02B          | 74,82A                          | 28,58D              | 13,63A           | 3,60A             | 83,3B             | 2,92B               |
| 8    | 8        | 1      | 0,37B          | 3,36B          | 63,77A                          | 25,13D              | 12,48A           | 3,18A             | 89,4A             | 2,98B               |
| 9    | 9        | 1      | 0,38A          | 3,19B          | 61,07A                          | 24,92D              | 13,20A           | 3,40A             | 92,7A             | 2,66B               |
| 10   | 10       | 1      | 0,38A          | 2,60B          | 48,67B                          | 22,50D              | 12,18A           | 3,51A             | 83,3B             | 2,79B               |
| 11   | 11       | 1      | 0,37B          | 3,32B          | 63,70A                          | 23,08D              | 13,70A           | 3,53A             | 92,9A             | 3,19B               |
| 12   | 12       | 1      | 0,36B          | 3,46B          | 66,67A                          | 22,83D              | 13,50A           | 3,54A             | 91,3A             | 2,94B               |
| 13   | 1        | 2      | 0,33B          | 4,08B          | 44,56B                          | 44,92A              | 12,97A           | 3,23A             | 87,2A             | 2,78B               |
| 14   | 2        | 2      | 0,40A          | 3,73B          | 39,97C                          | 37,25B              | 11,07A           | 3,26A             | 87,2A             | 3,24B               |
| 15   | 3        | 2      | 0,41A          | 3,05B          | 32,94C                          | 27,33D              | 12,57A           | 3,23A             | 86,7A             | 2,85B               |
| 16   | 4        | 2      | 0,35B          | 4,84A          | 53,98B                          | 32,17C              | 13,68A           | 3,31A             | 87,6A             | 3,03B               |
| 17   | 5        | 2      | 0,36B          | 4,35A          | 47,03B                          | 39,00B              | 13,18A           | 3,55A             | 78,8B             | 2,44B               |
| 18   | 6        | 2      | 0,37B          | 4,75A          | 51,40B                          | 37,42B              | 13,34A           | 3,45A             | 76,8B             | 2,43B               |
| 19   | 7        | 2      | 0,37B          | 4,41A          | 47,12B                          | 37,08B              | 12,69A           | 3,43A             | 88,5A             | 3,18B               |
| 20   | 8        | 2      | 0,35B          | 3,95B          | 43,06C                          | 27,17D              | 13,34A           | 3,15A             | 98,3A             | 4,15A               |
| 21   | 9        | 2      | 0,39A          | 4,26B          | 45,52B                          | 28,50D              | 12,34A           | 3,20A             | 84,3B             | 3,04B               |
| 22   | 10       | 2      | 0,41A          | 3,67B          | 39,74C                          | 39,92B              | 11,01A           | 3,48A             | 84,1B             | 2,88B               |
| 23   | 11       | 2      | 0,37B          | 5,14A          | 57,30B                          | 34,67C              | 12,41A           | 3,43A             | 94,5A             | 3,78A               |
| 24   | 12       | 2      | 0,33B          | 5,16A          | 54,67B                          | 32,08C              | 13,70A           | 3,46A             | 91,7A             | 4,00A               |
| 25   | 1        | 3      | 0,32B          | 3,89B          | 26,85C                          | 42,33A              | 13,85A           | 3,15A             | 85,3B             | 3,02B               |
| 26   | 2        | 3      | 0,39A          | 5,54A          | 39,00C                          | 50,67A              | 10,66A           | 3,35A             | 90,4A             | 2,92B               |
| 27   | 3        | 3      | 0,37B          | 3,46B          | 23,86C                          | 31,75C              | 13,26A           | 3,30A             | 82,8B             | 3,04B               |
| 28   | 4        | 3      | 0,37B          | 5,18A          | 36,73C                          | 31,00C              | 16,41A           | 3,24A             | 88,5A             | 2,76B               |
| 29   | 5        | 3      | 0,37B          | 6,11A          | 42,80C                          | 46,17A              | 13,41A           | 3,48A             | 72,8B             | 2,42B               |
| 30   | 6        | 3      | 0,37B          | 5,55A          | 38,43C                          | 44,83A              | 12,89A           | 3,47A             | 83,8B             | 2,87B               |
| 31   | 7        | 3      | 0,38A          | 5,42A          | 37,56C                          | 43,25A              | 12,58A           | 3,45A             | 86,4A             | 2,98B               |
| 32   | 8        | 3      | 0,34B          | 4,48A          | 31,19C                          | 29,92C              | 12,99A           | 3,03A             | 97,5A             | 3,82A               |
| 33   | 9        | 3      | 0,35B          | 5,10A          | 35,50C                          | 40,00B              | 12,74A           | 3,21A             | 91,2A             | 3,62A               |
| 34   | 10       | 3      | 0,36B          | 4,45A          | 30,95C                          | 46,17A              | 13,45A           | 3,15A             | 86,9A             | 3,84A               |
| 35   | 11       | 3      | 0,36B          | 6,10A          | 42,32C                          | 35,17C              | 13,40A           | 3,43A             | 91,1A             | 3,68A               |
| 36   | 12       | 3      | 0,36A          | 5,98A          | 42,32C                          | 32,75C              | 13,23A           | 3,37A             | 88,5A             | 3,13B               |
| 37   | 1        | 4      | 0,34B          | 5,04A          | 25,21C                          | 46,75A              | 11,73A           | 3,44A             | 89,3A             | 3,30B               |
| 38   | 2        | 4      | 0,40A          | 5,12A          | 25,59C                          | 44,50A              | 10,89A           | 3,52A             | 89,0A             | 2,95B               |
| 39   | 3        | 4      | 0,38A          | 3,96B          | 19,81C                          | 33,58C              | 12,42A           | 3,50A             | 89,0A             | 3,14B               |
| 40   | 4        | 4      | 0,35B          | 5,54A          | 27,71C                          | 34,42C              | 15,14A           | 3,53A             | 85,8B             | 3,08B               |
| 41   | 5        | 4      | 0,41A          | 5,40A          | 27,01C                          | 42,58A              | 13,24A           | 3,58A             | 86,3A             | 2,76B               |
| 42   | 6        | 4      | 0,36B          | 5,23A          | 26,16C                          | 45,00A              | 12,14A           | 3,64A             | 83,0B             | 2,74B               |
| 43   | 7        | 4      | 0,37B          | 4,92A          | 24,61C                          | 44,67A              | 13,36A           | 3,63A             | 80,3B             | 2,80B               |
| 44   | 8        | 4      | 0,35B          | 5,58A          | 27,90C                          | 34,42C              | 13,23A           | 3,35A             | 91,0A             | 3,74A               |
| 45   | 9        | 4      | 0,37B          | 5,56A          | 27,82C                          | 38,33B              | 11,82A           | 3,32A             | 90,3A             | 3,53A               |
| 46   | 10       | 4      | 0,39A          | 5,00A          | 25,01C                          | 48,25A              | 11,78A           | 3,52A             | 85,3B             | 2,98B               |
| 47   | 11       | 4      | 0,36B          | 6,34A          | 31,69C                          | 44,83A              | 13,19A           | 3,44A             | 89,1A             | 3,93A               |
| 48   | 12       | 4      | 0,34B          | 5,73A          | 28,64C                          | 36,67B              | 12,45A           | 3,45A             | 88,3A             | 3,73A               |

Médias seguidas de uma mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo segundo critério de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de significância.

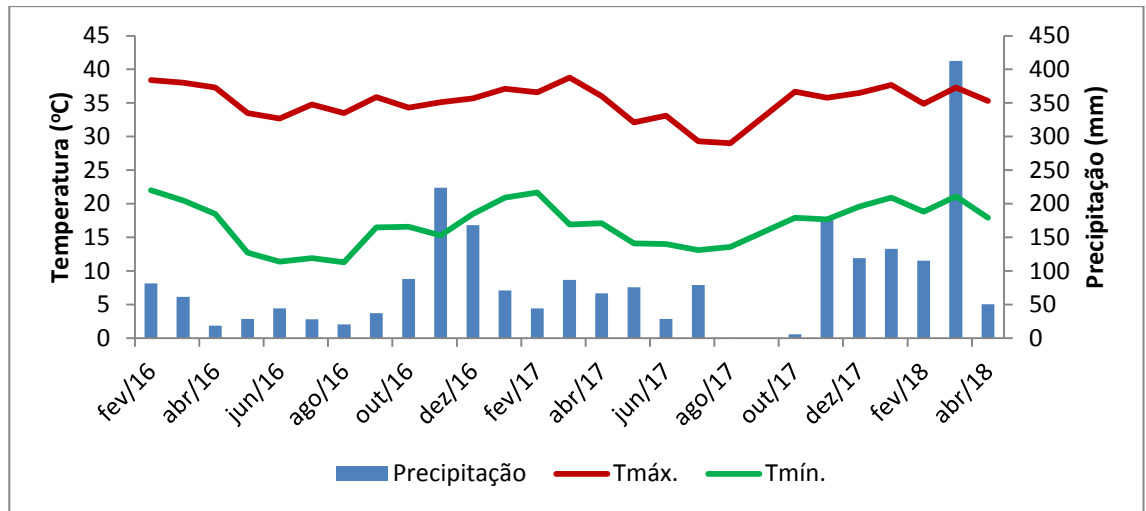


Figura 1A. Precipitação pluviométrica e temperaturas absolutas ocorridas durante a condução do experimento de capim-elefante. Fonte: Estação Evapotranspirométrica do Centro Estadual de Pesquisa em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos – Pesagro/Rio, Campos dos Goytacazes, RJ, 2016-2018.



**Tabela 3A-** Estimativas de valores médios do peso seco de biomassa seca (por metro), avaliados em 12 genótipos de capim-elefante, cultivados em 4 espaçamentos, médias de quatro cortes. Campos dos Goytacazes (2016 a 2018)

| <b>CORTE 1</b>           |                                    |             |             |             |               |
|--------------------------|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| <b>Genótipos</b>         | <b>Espaçamentos entre fileiras</b> |             |             |             | <b>Médias</b> |
|                          | <b>0,5m</b>                        | <b>1,0m</b> | <b>1,5m</b> | <b>2,0m</b> |               |
| 1- Três Rios             | 4,14B                              | 5,14B       | 4,95B       | 7,98A       | 5,55          |
| 2- Gigante de Pinda      | 3,34B                              | 4,60B       | 5,59B       | 7,39A       | 5,23          |
| 3- Porto Rico 534-B      | 5,23B                              | 3,96B       | 4,17B       | 5,86B       | 4,80          |
| 4- Pusa Napier N 1       | 3,84B                              | 4,94B       | 4,33B       | 7,32A       | 5,11          |
| 5- Taiwan A-46           | 4,68B                              | 5,45B       | 8,49A       | 8,04A       | 6,67          |
| 6- Duro de V. Grande     | 6,48A                              | 6,43A       | 6,84A       | 8,69A       | 7,11          |
| 7- Gramafante            | 6,26A                              | 5,82B       | 6,55A       | 7,08A       | 6,42          |
| 8- Guaçu/I,Z,2           | 6,05B                              | 6,54A       | 6,68A       | 7,63A       | 6,72          |
| 9- King Grass            | 5,04B                              | 5,89B       | 6,74A       | 8,28A       | 6,49          |
| 10- 903-77 - Australiano | 3,83B                              | 5,09B       | 4,75B       | 8,63A       | 5,58          |
| 11- Pasto Panamá         | 4,77B                              | 6,26A       | 7,46A       | 9,45A       | 6,99          |
| 12- 03 AD IRI            | 5,32B                              | 6,38A       | 7,70A       | 8,25A       | 6,91          |
| <b>Médias</b>            | <b>4,92</b>                        | <b>5,54</b> | <b>6,19</b> | <b>7,88</b> | <b>6,13</b>   |

| <b>CORTE 2</b>          |                                    |             |             |             |               |
|-------------------------|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| <b>Genótipos</b>        | <b>Espaçamentos entre fileiras</b> |             |             |             | <b>Médias</b> |
|                         | <b>0,5m</b>                        | <b>1,0m</b> | <b>1,5m</b> | <b>2,0m</b> |               |
| 1- Três Rios            | 1,95B                              | 3,97A       | 3,60B       | 3,97A       | 3,37          |
| 2- Gigante de Pinda     | 2,37B                              | 3,81B       | 5,73A       | 4,18A       | 4,02          |
| 3- Porto Rico 534-B     | 2,61B                              | 3,01B       | 2,61B       | 3,50B       | 2,93          |
| 4- Pusa Napier N 1      | 3,25B                              | 5,19A       | 5,31A       | 6,26A       | 5,00          |
| 5- Taiwan A-46          | 2,61B                              | 4,17A       | 5,53A       | 4,90A       | 4,30          |
| 6- Duro de V. Grande    | 3,46B                              | 4,24A       | 5,32A       | 4,40A       | 4,35          |
| 7- Gramafante           | 4,31A                              | 4,21A       | 4,81A       | 4,13A       | 4,36          |
| 8- Guaçu/I,Z,2          | 3,06B                              | 3,79B       | 4,09A       | 5,29A       | 4,06          |
| 9- King Grass           | 2,81B                              | 4,14A       | 4,67A       | 4,79A       | 4,10          |
| 10- 903-77 -Australiano | 2,09B                              | 3,28B       | 3,43B       | 4,12A       | 3,23          |
| 11- Pasto Panamá        | 3,24B                              | 5,04A       | 5,46A       | 6,02A       | 4,94          |
| 12- 03 AD IRI           | 2,91B                              | 4,12A       | 4,65A       | 5,85A       | 4,38          |
| <b>Médias</b>           | <b>2,89</b>                        | <b>4,08</b> | <b>4,60</b> | <b>4,78</b> | <b>4,09</b>   |

| <b>CORTE 3</b>           |                                    |             |             |             |               |
|--------------------------|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| <b>Genótipos</b>         | <b>Espaçamentos entre fileiras</b> |             |             |             | <b>Médias</b> |
|                          | <b>0,5m</b>                        | <b>1,0m</b> | <b>1,5m</b> | <b>2,0m</b> |               |
| 1- Três Rios             | 1,04B                              | 2,44A       | 1,84B       | 1,57B       | 1,72          |
| 2- Gigante de Pinda      | 1,14A                              | 2,00A       | 3,21A       | 3,08A       | 2,36          |
| 3- Porto Rico 534-B      | 0,87B                              | 1,46B       | 1,47B       | 1,81B       | 1,40          |
| 4- Pusa Napier N 1       | 0,91B                              | 2,14A       | 2,56A       | 1,65B       | 1,82          |
| 5- Taiwan A-46           | 1,62A                              | 2,86A       | 3,27A       | 2,24A       | 2,50          |
| 6- Duro de V. Grande     | 1,98A                              | 3,44A       | 3,33A       | 3,01A       | 2,94          |
| 7- Gramafante            | 1,41A                              | 2,53A       | 3,07A       | 2,69A       | 2,43          |
| 8- Guaçu/I,Z,2           | 1,40A                              | 1,76A       | 2,42A       | 2,31A       | 1,97          |
| 9- King Grass            | 1,33A                              | 2,77A       | 2,57A       | 3,04A       | 2,43          |
| 10- 903-77 - Australiano | 0,92B                              | 1,94A       | 2,98A       | 2,07A       | 1,98          |
| 11- Pasto Panamá         | 1,90A                              | 3,15A       | 3,50A       | 2,80A       | 2,84          |
| 12- 03 AD IRI            | 1,72A                              | 2,87A       | 3,44A       | 2,48A       | 2,63          |
| <b>Médias</b>            | <b>1,35</b>                        | <b>2,45</b> | <b>2,81</b> | <b>2,40</b> | <b>2,25</b>   |

| <b>CORTE 4</b>          |                                    |             |             |             |               |
|-------------------------|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| <b>Genótipos</b>        | <b>Espaçamentos entre fileiras</b> |             |             |             | <b>Médias</b> |
|                         | <b>0,5m</b>                        | <b>1,0m</b> | <b>1,5m</b> | <b>2,0m</b> |               |
| 1- Três Rios            | 2,41B                              | 4,76B       | 5,16B       | 6,63A       | 4,74          |
| 2- Gigante de Pinda     | 2,78A                              | 4,51B       | 7,61A       | 5,81A       | 5,18          |
| 3- Porto Rico 534-B     | 2,38B                              | 3,77B       | 5,57B       | 4,67B       | 4,10          |
| 4- Pusa Napier N 1      | 3,57A                              | 7,08A       | 8,50A       | 6,93A       | 6,52          |
| 5- Taiwan A-46          | 3,32A                              | 4,93B       | 7,14A       | 6,42A       | 5,45          |
| 6- Duro de V. Grande    | 2,61A                              | 4,88B       | 6,69A       | 4,81A       | 4,75          |
| 7- Gramafante           | 4,07A                              | 5,07A       | 7,24A       | 5,79A       | 5,54          |
| 8- Guaçu/I,Z,2          | 2,93A                              | 3,71B       | 4,73B       | 7,09A       | 4,62          |
| 9- King Grass           | 3,59A                              | 4,21B       | 6,43A       | 6,13A       | 5,09          |
| 10- 903-77 -Australiano | 3,55A                              | 4,37B       | 6,65A       | 5,18A       | 4,94          |
| 11- Pasto Panamá        | 3,39A                              | 6,10A       | 7,96A       | 7,07A       | 6,13          |
| 12- 03 AD IRI           | 3,88A                              | 7,26A       | 8,14A       | 6,33A       | 6,40          |
| <b>Médias</b>           | <b>3,21</b>                        | <b>5,05</b> | <b>6,82</b> | <b>6,07</b> | <b>5,29</b>   |

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo, pelo critério de Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 4A-** Estimativas de valores médios da produtividade de biomassa seca (em toneladas por hectare), avaliados em 12 genótipos de capim-elefante, cultivados em 4 espaçamentos, Médias de quatro cortes. Campos dos Goytacazes (2016 a 2018)

| <b>CORTE 1</b>           |                                    |             |             |             |               |
|--------------------------|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| <b>Genótipos</b>         | <b>Espaçamentos entre fileiras</b> |             |             |             | <b>Médias</b> |
|                          | <b>0,5m</b>                        | <b>1,0m</b> | <b>1,5m</b> | <b>2,0m</b> |               |
| 1- Três Rios             | 82,98B                             | 51,46A      | 33,04A      | 39,93A      | 51,85         |
| 2- Gigante de Pinda      | 66,97B                             | 46,01A      | 37,28A      | 36,99A      | 46,81         |
| 3- Porto Rico 534-B      | 104,6A                             | 39,61A      | 27,86A      | 29,33A      | 50,35         |
| 4- Pusa Napier N 1       | 76,96B                             | 49,44A      | 28,91A      | 36,60A      | 47,98         |
| 5- Taiwan A-46           | 93,74B                             | 54,58A      | 56,60A      | 40,23A      | 61,29         |
| 6- Duro de Volta Grande  | 129,6A                             | 64,33A      | 45,63A      | 43,47A      | 70,76         |
| 7- Gramafante            | 125,3A                             | 58,21A      | 43,67A      | 35,42A      | 65,65         |
| 8- Guaçu/l,Z,2           | 121,1A                             | 65,47A      | 44,60A      | 38,16A      | 67,33         |
| 9- King Grass            | 100,9A                             | 58,98A      | 44,94A      | 41,44A      | 61,57         |
| 10- 903-77ou Australiano | 76,67B                             | 50,97A      | 31,68A      | 43,20A      | 50,63         |
| 11- Pasto Panamá         | 95,54B                             | 62,68A      | 49,78A      | 47,29A      | 63,82         |
| 12- 03 AD IRI            | 106,5A                             | 63,81A      | 51,34A      | 41,28A      | 65,73         |
| Médias                   | 98,39                              | 55,46       | 41,28       | 39,44       | 58,64         |
| <b>CORTE 2</b>           |                                    |             |             |             |               |
| <b>Genótipos</b>         | <b>Espaçamentos entre fileiras</b> |             |             |             | <b>Médias</b> |
|                          | <b>0,5m</b>                        | <b>1,0m</b> | <b>1,5m</b> | <b>2,0m</b> |               |
| 1- Três Rios             | 31,77B                             | 54,77B      | 27,68B      | 19,85B      | 33,52         |
| 2- Gigante de Pinda      | 41,46B                             | 48,68B      | 46,61A      | 20,91B      | 39,41         |
| 3- Porto Rico 534-B      | 39,77B                             | 39,89B      | 20,65B      | 17,53B      | 29,46         |
| 4- Pusa Napier N 1       | 58,14A                             | 74,30A      | 44,27A      | 31,31A      | 52,00         |
| 5- Taiwan A-46           | 43,52B                             | 55,71B      | 45,19A      | 24,50A      | 42,23         |
| 6- Duro de Volta Grande  | 59,44A                             | 58,06B      | 41,30A      | 22,02A      | 45,20         |
| 7- Gramafante            | 64,31A                             | 54,28B      | 37,86A      | 20,66B      | 44,28         |
| 8- Guaçu/l,Z,2           | 47,45B                             | 52,06B      | 32,48A      | 26,45A      | 39,61         |
| 9- King Grass            | 45,01B                             | 53,18B      | 37,06A      | 23,98A      | 39,81         |
| 10- 903-77ou Australiano | 28,67B                             | 42,82B      | 27,96B      | 20,62B      | 30,52         |
| 11- Pasto Panamá         | 53,69A                             | 73,99A      | 43,11A      | 30,11A      | 50,22         |
| 12- 03 AD IRI            | 48,18B                             | 53,56B      | 36,56A      | 29,26A      | 41,89         |
| Médias                   | 46,78                              | 55,28       | 36,73       | 23,94       | 40,68         |
| <b>CORTE 3</b>           |                                    |             |             |             |               |
| <b>Genótipos</b>         | <b>Espaçamentos entre fileiras</b> |             |             |             | <b>Médias</b> |
|                          | <b>0,5m</b>                        | <b>1,0m</b> | <b>1,5m</b> | <b>2,0m</b> |               |
| 1- Três Rios             | 20,91B                             | 24,38A      | 12,26B      | 7,85B       | 16,35         |
| 2- Gigante de Pinda      | 22,74B                             | 20,04B      | 21,42A      | 15,40A      | 19,90         |
| 3- Porto Rico 534-B      | 17,33B                             | 14,54B      | 9,80B       | 9,05B       | 12,68         |
| 4- Pusa Napier N 1       | 18,30B                             | 21,37B      | 17,10A      | 8,26B       | 16,26         |
| 5- Taiwan A-46           | 32,49A                             | 28,56A      | 21,79A      | 11,20A      | 23,51         |
| 6- Duro de Volta Grande  | 39,56A                             | 34,41A      | 22,17A      | 15,03A      | 27,79         |
| 7- Gramafante            | 28,15A                             | 25,29A      | 20,43A      | 13,44A      | 21,83         |
| 8- Guaçu/l,Z,2           | 27,96A                             | 17,56B      | 16,15B      | 11,53A      | 18,30         |
| 9- King Grass            | 26,52A                             | 27,74A      | 17,15A      | 15,21A      | 21,66         |
| 10- 903-77ou Australiano | 18,38B                             | 19,42B      | 19,85A      | 10,33A      | 17,00         |
| 11- Pasto Panamá         | 37,84A                             | 31,53A      | 23,31A      | 13,98A      | 26,67         |
| 12- 03 AD IRI            | 34,24A                             | 28,67A      | 27,06A      | 12,40A      | 25,59         |
| Médias                   | 27,04                              | 24,46       | 19,04       | 11,97       | 20,63         |
| <b>CORTE 4</b>           |                                    |             |             |             |               |
| <b>Genótipos</b>         | <b>Espaçamentos entre fileiras</b> |             |             |             | <b>Médias</b> |
|                          | <b>0,5m</b>                        | <b>1,0m</b> | <b>1,5m</b> | <b>2,0m</b> |               |
| 1- Três Rios             | 48,20B                             | 47,62B      | 34,41B      | 33,18A      | 40,85         |
| 2- Gigante de Pinda      | 55,54B                             | 45,15B      | 50,70A      | 29,04A      | 45,11         |
| 3- Porto Rico 534-B      | 47,61B                             | 37,12B      | 37,11B      | 23,33B      | 36,29         |
| 4- Pusa Napier N 1       | 71,38A                             | 70,82A      | 56,64A      | 34,67A      | 58,38         |
| 5- Taiwan A-46           | 66,42A                             | 49,29B      | 47,61A      | 32,08A      | 48,85         |
| 6- Duro de Volta Grande  | 52,29B                             | 48,78B      | 44,61A      | 24,09B      | 42,44         |
| 7- Gramafante            | 81,49A                             | 50,69A      | 48,29A      | 28,93A      | 52,35         |
| 8- Guaçu/l,Z,2           | 58,62B                             | 37,12B      | 31,54B      | 35,46A      | 40,69         |
| 9- King Grass            | 71,82A                             | 42,15B      | 42,85A      | 30,65A      | 46,87         |
| 10- 903-77ou Australiano | 70,98A                             | 43,73B      | 44,31A      | 25,88B      | 46,23         |
| 11- Pasto Panamá         | 67,71A                             | 60,98A      | 53,09A      | 35,36A      | 54,29         |
| 12- 03 AD IRI            | 77,69A                             | 72,64A      | 54,29A      | 31,62A      | 59,06         |
| Médias                   | 64,15                              | 50,51       | 45,45       | 30,36       | 47,62         |

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo, pelo critério de Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade.