

**ESTUDOS DE INTERAÇÃO GENÓTIPOS POR CORTES
SEMESTRAIS E CORRELAÇÕES EM CAPIM ELEFANTE PARA
FINS ENERGÉTICOS**

AVELINO DOS SANTOS ROCHA

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO – UENF**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
ABRIL – 2015**

**ESTUDOS DE INTERAÇÃO GENÓTIPO POR CORTES
SEMESTRAIS E CORRELAÇÕES EM CAPIM ELEFANTE PARA
FINS ENERGÉTICOS**

AVELINO DOS SANTOS ROCHA

“Dissertação 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 mestre em Genética e Melhoramento de Plantas.”

Orientador: Prof. Rogério Figueiredo Daher

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
ABRIL – 2015

ESTUDOS DE INTERAÇÃO GENÓTIPOS POR CORTES
SEMESTRAIS E CORRELAÇÕES EM CAPIM ELEFANTE PARA
FINS ENERGÉTICOS

AVELINO DOS SANTOS ROCHA

“Dissertação 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 mestre em Genética e Melhoramento de Plantas.”

Aprovada em 09 de Abril de 2015.

Comissão Examinadora:

Vanessa Quitete Ribeiro Da Silva (D.Sc., Produção Vegetal) - Embrapa

Prof. Alexandre Pio Viana (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

Prof. Geraldo de Amaral Gravina (D.Sc., Fitotecnia) – UENF

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

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida;

À minha família, em especial, meus pais Zeni Lemos e Jarbas Rocha, e aos meus irmãos Alípio e Ana Paula;

Aos meus tios José Geraldo e Ana Lúcia e meus primos Zivaldo Moreno e Luciana Moreno, que, durante estes sete anos de convivência, posso afirmar terem sido minha segunda família, sempre me incentivando e me dando força para não desistir;

Aos amigos, em especial, Augusto, Dudu, Rafael, Juninho, Diego e Carlos Mair;

Aos membros da banca, Geraldo Amaral Gravina, Alexandre Pio Viana, Vanessa Ribeiro Quitete, em especial, meu Orientador Rogério Figueiredo Daher, que contribuíram para o meu crescimento, com valiosas orientações;

Aos amigos de pós-graduação Erina Rodrigues, Verônica Brito, Camila Queiroz, Jocarla e Nádia, por terem estado comigo nos momentos em que mais precisei;

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pela realização do curso de Mestrado;

À Capes, pela concessão da bolsa;

Ao Prof. Rogério, pela orientação, confiança, amizade e incentivo;

À equipe de campo, Romildo e os técnicos do Centro Estadual de Pesquisas em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos – Campos dos Goytacazes, por toda a ajuda, pelos bons momentos de descontração e dedicação a este trabalho, pois sem a participação deles, não teria sido possível esta conquista;

Ao Laboratório de Zootecnia (LZO), por ceder suas instalações para a realização de uma parte das análises; e

À Faperj e ao CNPq, pelo financiamento deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	VI
ABSTRACT	VIII
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
3. CAPÍTULOS.....	4
3.1 COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE ESTABILIDADE EM GENÓTIPOS DE CAPIM ELEFANTE PARA FINS ENERGÉTICOS.....	4
3.1.1 INTRODUÇÃO	4
3.1.2. REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1.2.1 Aspectos gerais do capim elefante	5
3.1.2.3. Melhoramento Genético do capim elefante	7
3.1.2.4 Interação genótipos x ambientes e Estabilidade.....	9
3.1.2 MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1.3.1. Localização e caracterização da área experimental	12
3.1.3.2 Delineamento e genótipos avaliados	13
3.1.3.3 Análises estatísticas	16
3.1.3.4 Metodologias de Estabilidade	17
3.1.3.4.1 Método de Yates e Cochran – Tradicional (1938)	17
3.1.3.4.2 Método Plaisted e Peterson (1959).....	17
3.1.3.4.4 Método de Annicchiarico (1992)	18
3.1.3.4.5 Método de Lin e Binns (1988).....	18

3.1.3.4.6 Método de Huenh (1990)	19
3.1.3.4.7 Metodologia de Kang e Phan.....	19
3.1.3.5 Coeficiente de correlação de Spearman.....	20
3.1.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
3.1.5 CONCLUSÕES	35
3.2 CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERES QUANTITATIVOS EM CAPIMELEFANTE PARA FINS ENERGÉTICOS	36
3.2.1. INTRODUÇÃO	36
3.2.2 REVISÃO DE LITERATURA	37
3.2.2.1 Importância das Avaliações Morfoagronômicas	37
3.2.2.2 Herdabilidade.....	38
3.2.2.3 Correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais e análise de trilha...	39
3.2.3 MATERIAL E MÉTODOS	40
3.2.3.1. Localização e caracterização da área experimental	40
3.2.3.2. Delineamento e genótipos avaliados	41
3.2.3.3. Análises estatísticas	42
3.2.3.4 Correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais.....	43
3.2.3.5 Herdabilidade no sentido Amplo (h_g^2)	44
3.2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
3.2.5. CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52

RESUMO

ROCHA, Avelino dos Santos, M. Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, abril 2015. Estudos de interação genótipo por cortes semestrais e correlações em capim elefante para fins energéticos. Orientador: Rogério Figueiredo Daher. Professores Conselheiros: Alexandre Pio Viana e Geraldo Gravina Amaral.

O capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) é uma planta de origem tropical, com alto potencial de produção de biomassa, adaptada a diferentes ecossistemas, destacando-se, atualmente, como fonte alternativa de energia. Uma dificuldade observada na avaliação dessa cultura é a resposta diferencial dos genótipos em função das variações entre locais ou anos. Assim, objetivou-se estimar a interação genótipos por ambientes e comparar métodos de estabilidade em capim elefante para produção de biomassa no regime de corte semestral e estimar as correlações genótípicas, fenotípicas e ambientais. O experimento foi conduzido nos anos de 2012, 2013, 2014 e 2015, no delineamento experimental de blocos casualizados, com duas repetições, e avaliações de 73 genótipos de capim elefante em seis cortes. Para a análise da interação genótipo x ambiente e estabilidade, utilizou-se a característica produção de matéria seca. Para o estudo das correlações, além de Produção de matéria seca, foram utilizados Altura média das plantas, Diâmetro médio do caule, Largura da lâmina foliar, Número de perfilhos e Porcentagem de matéria seca da planta integral. Foram feitas análise variância para cada corte e análise conjunta, considerando todos os cortes,

identificando a magnitude da interação genótipo por ambiente. As análises de estabilidade utilizadas foram Yates e Cochran, Plaisted e Peterson, Wricke, Annicchiarico, Lin e Binns e Huenh. Foi feito o ranqueamento de Kang e Phan para todos os métodos. Para avaliar o grau de concordância entre os diferentes métodos empregados, foi utilizado o coeficiente de Spearman. Foram feitas correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais. Foram observadas diferenças significativas para efeito interação genótipo por ambiente. Considerando a seleção para produção de biomassa e estabilidade, os genótipos King Grass, Taiwan A-46, Porto Rico 534-B, Gigante de Pinda, Australiano, Guaçu/IZ e Pasto Panamá foram os mais produtivos e estáveis. Os métodos não paramétricos de Lin e Binns e Annicchiarico foram mais discriminantes do que os métodos com base na análise de variância na avaliação da estabilidade e da produtividade dos genótipos utilizados. Em relação às correlações genéticas, quando o objetivo da seleção for maior produção de matéria seca, devem ser selecionados genótipos com maior número de perfilhos, maior diâmetro do colmo e plantas altas.

.

ABSTRACT

ROCHA, Avelino dos Santos, M. Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, april 2015. Interaction studies genotypes in cuts semi-annual and correlations in elephant grass for purposes energy. Advisor: Rogério Figueiredo Daher. Professores Committee members: Alexandre Pio Viana and Geraldo Gravina Amaral.

The elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum) is a tropical plant with high potential for biomass production, adapted to different ecosystems and currently stands as alternative source of energy. One difficulty observed in the evaluation of this culture is the differential response of genotypes to fluctuations between local or years. The aim of this work was to estimate the interaction between genotype and environment, comparing methods of stability in elephant grass for biomass production in the semi-cutting regime, as well as to estimate genotypes, phenotypes, and environmental correlations. This experiment have been performed during the years 2012, 2013, 2014, and 2015 in a randomized block design with two replications and 73 reviews of elephant grass genotypes in six cuts. The dry matter production potential was the parameter utilized in order to analyze the interaction between genotype environment, as well as its stability. To study the correlations, besides dry matter production, average height of the plant, stem diameter, width of the leaf, number of tiller, and percentage of dry matter of the full plant were also evaluated. The analysis of variance was performed for each cut and the joint analysis considering all sections, identifying the magnitude

of interaction genotype by environment. The stability analyzes were Yates and Cochran, Plaisted and Peterson, Wricke, Annicchiarico, Lin and Binns and Huenh. The Kang and Phan ranking was performed for all methods. The Spearman coefficient was utilized in order to evaluate the degree of agreement among the different methods employed. Phenotypic, genotypic and environmental correlations were carried out, observing significant differences in the effect genotype by environment. Considering the selection for biomass production and stability, King Grass, Taiwan A-46, Puerto Rico 534-B, Giant Pinda, Australian, Guaçu / IZ and Pasto Panama were the most productive and stable genotypes. The non-parametric methods of Lin and Binns and Annicchiarico were more discriminating than the methods based on the analysis of variance, in evaluating the stability and productivity of the genotypes used. Regarding genetic correlations, when the purpose of selection is greater dry matter production, genotypes with higher tillering, greater stem diameter and tall plants should be selected.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de biomassa vegetal como fonte de energia é uma alternativa ao consumo de combustíveis fósseis, que segue o mecanismo de desenvolvimento sustentável proposto pelo Protocolo de Quioto. A queima da biomassa se destaca como uma boa alternativa para contornar a crise ambiental e a dependência do petróleo para produção de energia, pois ela apenas recicla o CO₂ retirado da atmosfera pela fotossíntese (Morais et al., 2009).

O capim elefante ganhou muito destaque para esse fim, por apresentar alta proporção de fibra (aproximadamente 65%) na sua constituição morfológica, além de ser uma planta C₄(mecanismo fisiológico), sendo altamente eficiente na fixação de CO₂ atmosférico durante o processo de fotossíntese, com boa capacidade de acumulação de matéria seca, além de ser adaptado a diversas condições climáticas (Zanetti, 2009; Flores et al., 2013; Oliveira et al., 2013; Oliveira et al., 2014; Rossi et al., 2014).

O potencial produtivo do capim elefante, associado a outras características, tem estimulado seu melhoramento genético visando ao desenvolvimento de genótipos para fins energéticos, em razão dos altos teores de fibra, lignina e celulose, com alta produção de matéria seca e baixo consumo de fertilizantes nitrogenados (Zanetti, 2009).

Uma dificuldade observada na avaliação dessa cultura são os efeitos da interação entre genótipos e ambientes, que é a resposta diferencial dos genótipos em função das variações entre os locais ou anos (Cruz et al., 2014). A interação é

um dos maiores desafios ao se fazer uma recomendação de uma cultivar, pois, em uma avaliação, um determinado genótipo se sobressai em relação a outros, porém, ao repetir o mesmo experimento em outro local ou ano, esse genótipo apresenta resultado inferior aos genótipos que foram inferiores a ele em outras avaliações. Assim, a alternativa mais recomendada para lidar com a interação é a seleção de genótipos estáveis com ampla adaptabilidade (Daher et al., 2003; Cunha et al., 2013)

A produção de matéria seca é um caráter complexo, de baixa herdabilidade, resultante da expressão e associação de diferentes componentes. O conhecimento do grau dessa associação, por meio de estudos de correlações, possibilita identificar caracteres de alta herdabilidade que podem ser usados como critérios de seleção indireta para produção de matéria seca. A correlação de um caráter pode assumir um valor positivo, negativo ou igual a zero (Kurek et al., 2001)

O estudo das correlações entre caracteres tem aplicações em praticamente todos os campos da pesquisa. A correlação simples permite apenas avaliar a magnitude e o sentido da associação entre dois caracteres, sem fornecer informações necessárias relativas aos efeitos diretos e indiretos de grupo de caracteres em relação a uma variável dependente de maior importância (Cruz et al., 2012).

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi estimar a interação genótipos por ambientes em 73 variedades da espécie *Pennisetum purpureum* Schum e comparar métodos de estabilidade com base em métodos paramétricos e não paramétricos, levando em consideração apenas a produção de matéria seca, e estimar as correlações genóticas, fenóticas, ambientais e a análise de Trilha de seis características para produção de biomassa em seis cortes. Na busca de verificar e indicar os genótipos mais adaptados às condições edafoclimáticas do norte fluminense, gerando informações para futuramente viabilizar a recomendação de material com maior adaptação para os produtores da região, é que se procedeu a este estudo.

3. CAPÍTULO

3.1 COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE ESTABILIDADE EM GENÓTIPOS DE CAPIM ELEFANTE PARA FINS ENERGÉTICOS

3.1.1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a demanda energética tem se tornando um problema mundial, e a busca por fontes alternativas de energia é cada vez maior (Rossi et al., 2014). Como a queima da biomassa recicla o CO₂ que foi retirado da atmosfera pela fotossíntese, em longo prazo, esta será uma das alternativas energéticas para contornar a crise ambiental e a dependência do petróleo que vive o planeta (Morais et al., 2009).

A espécie capim elefante tem características qualitativas desejáveis em relação ao percentual de fibras e, dentro desse percentual, sobressaem os constituintes celulose, hemicelulose e lignina e a relação C: N, pois quanto maior essa relação, mais promissora é a planta para queima.

Essas características credenciam a espécie para uso como fonte alternativa de energia (Morais et al., 2009). O melhoramento do capim elefante sempre visou a qualidades forrageiras, a alto teores de proteínas e a baixos níveis

de fibras, havendo necessidade de mudança na seleção de genótipos dessa espécie para uso como fonte bioenergética (Flores et al., 2012).

A interação genótipos x ambientes (G x A) constitui-se num dos maiores desafios enfrentados pelos melhoristas de quaisquer espécies. E entre as alternativas para otimizá-la na fase de seleção ou de recomendação de genótipos, está a escolha de variedades com ampla adaptação e boa estabilidade (Cruz et al., 2012). Portanto, torna-se necessário aplicar diferentes metodologias para fazer uma recomendação de genótipo mais segura (Pelúzio et al., 2010).

Vários métodos, alicerçados em diferentes princípios, foram descritos para avaliação da interação G x A e para a determinação da estabilidade fenotípica dos genótipos. Entre os métodos mais utilizados, estão aqueles que têm por base a análise de variância, os não paramétricos e a regressão. Aqueles métodos que têm por base a análise de variância e as estimativas de estabilidade são expressos em componentes quadráticos; enquanto aqueles que têm por base as estatísticas não paramétricas avaliam o desempenho de cada genótipo em relação à resposta máxima em cada ambiente. E os métodos de regressão são aqueles em que a variável dependente é expressa em função de um índice ambiental que mede a qualidade dos ambientes avaliados (Cruz e Carneiro, 2014).

Objetivou-se neste estudo estimar a interação genótipos por ambientes (cortes semestrais) e comparar métodos de estabilidade com base em métodos paramétricos e não paramétricos em capim elefante, para produção de biomassa, em seis cortes.

3.1.2. REVISÃO DE LITERATURA

3.1.2.1 Aspectos gerais do Capim elefante

O capim elefante pertence à família Poaceae, subfamília Panicoideae, tribo Paniceae, gênero *Pennisetum*, seção Penicillaria (Brunken, 1977). É uma espécie nativa do continente africano, comum nos vales férteis com precipitação anual superior a 1000 mm. Esta forrageira foi introduzida no Brasil no início do século

XX pelo Coronel Napier. É uma poácea tipicamente tropical, perene, com elevado potencial de produção e capacidade de se adaptar às condições climáticas predominantes em quase todo o país (Bennet, 1976; Deresz, 2001; Pereira et al., 2008).

O germoplasma desta espécie apresenta grande variabilidade para os principais caracteres de importância agrônômica (Pereira et al., 2008). O gênero *Pennisetum* apresenta mais de 140 espécies, incluindo espécies forrageiras cultivadas por todo o território nacional, apresentando facilidade para a propagação vegetativa.

Segundo Pereira et al., (2008), os principais Bancos de Germoplasma encontram-se na Embrapa Gado de Leite, Universidade Federal de Pelotas- RS, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina (Epagri) e o Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), todos com grande número de acessos dessa espécie, reunindo genótipos e populações variáveis de genótipos cultivados, silvestres e obtidas por cruzamentos interespecíficos.

O capim elefante é uma espécie cespitosa, que atinge até cinco metros de altura, apresenta grandes panículas terminais, cilíndricas e compactas, com raque pubescente, espiguetas isoladas ou em grupos de 2-5, guarnecidas por cerdas. Os colmos podem chegar a três cm de espessura na base. São formados até 20 entrenós geralmente lisos de coloração amarelada às vezes com pigmentação avermelhada e nós entumecidos. O sistema basal apresenta rizomas de até 25 cm de comprimento e raízes fibrosas. As folhas apresentam lâminas de 30 - 90 cm de comprimento e até 2,5 cm de largura; nervura mediana, provocando depressão na face ventral e proeminência na dorsal; geralmente áspera nas duas faces e nas margens coloração verde ou verde-azulada, fosca, com tons purpurescentes. Bainhas lisas e glabras ou ásperas e pilosas na face ventral. A inflorescência apresenta panículas cilíndricas, compactas, com 8 - 30 cm de comprimento por 1,5 - 3 cm de espessura, eretas com longas hastes na parte terminal dos colmos e de seus ramos; cerdas de coloração variável: esverdeada, amarelada, castanha ou purpurescente (Instituto Horus, 2005).

O *P. purpureum* é uma espécie alógama, que apresenta alto nível de heterozigose, protogínica, sendo que a taxa de polinização cruzada vai depender da época de florescimento dos genótipos envolvidos (Lima et al., 2011). O intervalo médio de tempo entre o aparecimento dos estigmas e a abertura das

primeiras anteras é de aproximadamente sete dias. Segundo Silva et al. (2014), a variação deste intervalo no mesmo genótipo é pequena, permitindo a variação entre os acessos, classificá-los em precoces, intermediários e tardios.

3.1.2.2. Uso como fonte alternativa de energia

Existe a necessidade de produzir energias alternativas às geradas pela queima de combustíveis fósseis. Assim, a agricultura é chamada para produzir estes combustíveis renováveis e de menor impacto ambiental, tal fato indo recair em uma produção em massa de oleaginosas, álcool (etanol) e biomassa energética (Pimentel e Patzek, 2005).

A energia da biomassa pode ser definida como a energia química produzida pelas plantas na forma de hidratos de carbono, produtos da fotossíntese. A renovação desta biomassa se dá por meio do chamado ciclo do carbono. A decomposição ou a queima da matéria orgânica ou de seus derivados provoca a liberação de CO₂ na atmosfera. As plantas, por meio da fotossíntese, transformam o CO₂ e a água em hidratos de carbono, que compõem sua massa viva, liberando o oxigênio (Goldemberg, 2009).

Recentemente, a queima da biomassa do capim elefante foi proposta como alternativa para a produção de energia. O interesse energético por esta espécie despertou grandes consumidores e empresários do ramo da energia. O que tem chamado a atenção para o capim elefante são aspectos como alta produtividade e ciclo curto quando comparado a outras culturas tradicionais, como, por exemplo, o eucalipto (Osava, 2007).

Segundo Morais et al. (2009), a produção média anual de biomassa de capim elefante pode chegar a aproximadamente 60 toneladas de matéria seca ha⁻¹ ano⁻¹. Para isso, é importante que sejam utilizados genótipos eficientes e condições próximas das ideais para a cultura, que também pode apresentar outras características quantitativas importantes como o alto percentual de fibra e lignina e alta relação C: N (Quesada, 2005).

3.1.2.3. Melhoramento Genético do capim elefante

O germoplasma do gênero *Pennisetum* tem diferentes níveis de ploidia, que variam de diploides a octaploides, estando dividido em três conjuntos gênicos. O milheto (*P. glaucum*), com $2n = 2x = 14$, juntamente com duas outras

espécies diploides selvagens (*P. mollissium* e *P. violaceum*), integram o conjunto gênico primário. No segundo grupo, está o *P. purpureum* Schum, com $2n = 4x = 28$, e, no conjunto terciário, as demais espécies (Techio, 2008).

Em 1920, foi introduzida no Brasil a forrageira capim elefante, quando foram trazidas de Cuba estacas da cultivar Napier para o Estado de São Paulo (Granato, 1924). Posteriormente, foram feitos diversos processos isolados de introdução, o que veio enriquecer o germoplasma da espécie com outros genótipos resultantes de programas de melhoramento (Rossi et al., 2014). Segundo Pereira et al. (2008), não há registros de expedições de coleta de germoplasma nos centros de diversidade e nem mesmo de introdução de coleções com ampla variabilidade genética.

A variabilidade genética no capim elefante permite o melhoramento dessa espécie. Neste sentido, a obtenção de sementes de polinização aberta, de meios-irmãos, assim como por meio de hibridação com o milho, são estratégias para explorar a variabilidade do capim elefante, sempre considerando o potencial produtivo e qualitativo das forrageiras e os efeitos das interações genótipos x ambientes (Cunha, 2011).

O melhoramento do capim elefante visa, atualmente, a ampliar a base genética e aproveitar a heterose. Neste sentido, o melhoramento dessa cultura pode ser conduzido para a obtenção de genótipos e para o melhoramento populacional, mas esses processos dependem, fundamentalmente, da existência de superioridade agrônômica, diversidade genética e complementariedade alélica que resultem em boa capacidade combinatória entre os parentais.

Os genótipos de capim elefante têm sido divididos em grupos de acordo com a época de florescimento, pilosidade da planta, diâmetro do colmo, formato da touceira, largura da folha, número e tipo de perfilhos (Bogdan, 1977; Pereira, 2008). Pereira, em 1994, considerando as principais características com função discriminatória e importância agrônômica, bem como a constituição genética, definiu grupos com relação aos tipos básicos.

- Grupo Anão: os genótipos deste grupo são mais adaptados para pastejo em função do menor comprimento dos entrenós. As plantas desse grupo apresentam porte baixo (1,5 m) e elevada relação lâmina: colmo. Um exemplo é a cultivar Mott.

- Grupo Cameroon: apresenta plantas de porte ereto, colmos grossos, predominância de perfilhos basilares, folhas largas, florescimento tardio (maio a julho) ou ausente e touceiras densas. Como exemplo, podem ser citados os genótipos Cameroon, Piracicaba, Vruckwona e Guaçu.

- Grupo Mercker: caracterizado por apresentar menor porte, colmos finos, folhas finas, menores e mais numerosas, e época de florescimento precoce (março a abril). Os genótipos Mercker, Mercker comum, Mercker Pinda fazem parte deste grupo.

- Grupo Napier: os genótipos deste grupo apresentam variedades de plantas com colmos grossos, folhas largas, época de florescimento intermediária (abril a maio) e touceiras abertas. Como exemplares, podem ser citados os genótipos Napier, Mineiro e Taiwan A-146.

- Grupo dos Híbridos: resultante do cruzamento entre espécies de Pennisetum, principalmente *P. purpureum* e *P. americanum*. A identificação dos genótipos é importante, pois permite uma recomendação mais próxima da correta para o manejo e sistema de utilização.

A seleção de genitores para os programas de melhoramento e o manejo da variabilidade nos bancos de germoplasma dependem da disponibilidade de informações precisas sobre o grau de divergência genética entre os acessos. Um dos maiores problemas relacionados com a caracterização dos genótipos que compõem os bancos de germoplasma de capim elefante é a identificação segura dos acessos (Silva et al., 2014). Assim, a associação de descritores morfológicos e moleculares pode possibilitar maior conhecimento da variabilidade do germoplasma e seu melhor uso no melhoramento da espécie (Pereira, 2008).

3.1.2.4 Interação genótipos x ambientes e Estabilidade

A interação genótipos x ambientes ocorre quando há respostas diferenciadas dos genótipos testados em diferentes ambientes (Cruz et al., 2012). A avaliação dessa interação torna-se de grande importância no melhoramento de forrageiras, pois um genótipo pode ser o melhor em um ambiente e não o ser em outro, dificultando a recomendação de genótipos com ampla adaptabilidade (Fan et al., 2007).

Em experimentos em que são feitos cortes sucessivos e avaliações periódicas de genótipos ao longo do tempo, é possível estimar parâmetros

importantes como a estabilidade (previsibilidade do genótipo em responder à melhoria do ambiente), indispensável para orientar os trabalhos de melhoramento (Cruz et al., 2012).

Estudos com o capim elefante têm mostrado que as variedades apresentam estabilidade às condições ambientais e o sistema de manejo empregado, determinantes para o desempenho produtivo da biomassa (Daher et al., 2003; Cunha et al., 2013). Por se tratar de uma forrageira tolerante às condições climáticas desfavoráveis, como seca e frio, adaptou-se bem à maioria das regiões do País, desde as tropicais até as regiões de clima subtropical (Nascimento et al., 2008).

A estabilidade é a constância de desempenho através dos ambientes, ou seja, uma previsibilidade da resposta de genótipos, que também pode ser expressa como a menor variação média nos ambientes considerados. Segundo Vencovsky e Barriga (1992), o termo estabilidade se refere à resposta de genótipos ao longo de diferentes anos, em um dado local (estabilidade temporal), sendo esta a estabilidade que interessa ao produtor. Quando os ambientes são constituídos de diferentes locais, em determinado ano, prefere-se usar o termo adaptabilidade (estabilidade geográfica).

A estabilidade pode ser compreendida de duas formas: no sentido biológico e no sentido agrônômico. A estabilidade no sentido agrônômico refere-se ao desempenho paralelo do genótipo na variação do ambiente, e no sentido biológico, à ausência da variação dos genótipos diante das oscilações ambientais, sendo medida pela variância ou pelo coeficiente de variação genético, e quanto menor seu valor, maior a estabilidade (Cunha, 2013).

Sendo assim, o conhecimento da resposta de genótipos em determinados ambientes é importante para a avaliação de genótipos (Murakami et al., 2004). Nesse sentido, a estabilidade permite avaliar o potencial dos genótipos em grande amplitude de condições ambientais, identificando genótipos que sejam menos influenciados pelo ambiente, possibilitando identificar genótipos com resposta previsível em um (estabilidade temporal) ou em diversos ambientes (Oliveira et al., 2011).

Com objetivo de explorar a estabilidade, vários autores propuseram diferentes metodologias biométricas: algumas alternativas e outras complementares (Cruz e Carneiro, 2014). Esses autores consideram que a

adoção de um método em detrimento de outro deve estar relacionada com o número de ambientes envolvidos, precisão requerida e o tipo de informação desejada.

Yates e Cochran (1938) propuseram o atualmente denominado método tradicional, que consiste em uma análise conjunta dos experimentos, ou seja, analisar os diversos genótipos nos vários ambientes e, posteriormente, decompor as somas de quadrados dos ambientes dentro de cada genótipo. Segundo Cruz et al. (2012), a variação de ambientes dentro de cada genótipo é usada como estimador da estabilidade, de modo que o genótipo que apresentar menor quadrado médio é considerado o mais estável.

Plaisted e Peterson (1959) verificaram que, ao se avaliar os genótipos em vários ambientes, cada genótipo contribui com uma determinada porção para a variância total da interação GA; dessa forma, o genótipo mais estável é o que menos contribui para a variação total entre genótipos x ambientes. O parâmetro de estabilidade proposto por Wricke (1965) baseia-se na decomposição da soma de quadrados da interação genótipos x ambientes em partes individuais atribuídas aos genótipos (Cruz et al. 2012).

Uma alternativa bastante empregada para o estudo da estabilidade é uso dos métodos não paramétricos, como Lin e Binns (1988), em que o desempenho dos genótipos é quantificado pelo índice de estabilidade P_i , que corresponde ao quadrado médio da distância entre a média de um acesso para um dado ambiente e a resposta máxima para o mesmo ambiente, em todos os ambientes avaliados. Dessa forma, o quadrado médio menor indica superioridade geral do genótipo em questão, pois quanto menor o valor de P_i , menor será o desvio em torno da produtividade máxima; assim, maior estabilidade está relacionada, obrigatoriamente, com alta produtividade (Daher et al., 2003).

O método de estabilidade Huenh (1990) utiliza medidas estatísticas não paramétricas da estabilidade (S_1 , S_2 e S_3), em que S_1 é a média das diferenças absolutas entre as classificações do genótipo i , nos ambientes; S_2 é a variância das classificações do genótipo i nos ambientes; e S_3 é a soma dos desvios absolutos de cada classificação em relação à média das classificações. Segundo Huehn, o genótipo com máxima estabilidade é aquele que apresentar valores de S_1 , S_2 e S_3 iguais a zero. Annicchiarico (1992) propõe um método que

proporciona medida de estabilidade denominada índice de confiança (I_i). Quanto maior este índice, maior a confiança na recomendação da cultivar.

Kang e Phan (1991) propuseram a utilização da ponderação entre os parâmetros de estabilidade de métodos não paramétricos e as estimativas de produção, promovendo uma nova classificação dos genótipos, visando a identificar os genótipos mais estáveis e, ao mesmo tempo, com alto rendimento.

Daher et al. (2003) obtiveram estimativas de parâmetros de estabilidade da produção forrageira de 14 genótipos de capim elefante em um total de 12 cortes, utilizando a metodologia de Eberhart e Russell (1966), Lin e Bins (1988), Plaisted e Peterson (1959), Kang e Phan (1991), associada ao método Plaisted e Peterson (1959), nas condições edafoclimáticas do norte do Estado do Rio de Janeiro, apresentando como resultados o genótipo CNPGL 91 F11-2 e a cultivar Pioneiro, que se revelaram genótipos superiores em produtividade e estabilidade em relação aos demais.

Cunha et al. (2013), avaliando a produção forrageira de 53 genótipos de capim elefante, observaram que, entre os 20 genótipos de maior produtividade e bons parâmetros de estabilidade, apenas três se destacaram como mais promissores para possíveis usos: Pusa Napier nº 2, Taiwan A-143 e Merckeron Comum. Sendo assim, os genótipos que apresentaram as maiores produções de matéria seca foram os de maior estabilidade pelo método de Lin & Binns, assim como no método de Annicchiarico.

3.1.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.1.3.1. Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na área de convênio do Centro Estadual de Pesquisas em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos, da Pesagro-Rio, em Campos dos Goytacazes, com a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), na região Norte Fluminense, localizado a 21° 19' 23" de latitude sul e 41° 19' 40" de longitude oeste, com altitude variando de 20 a 30 m.

O clima nesta região é classificado como do tipo Aw de Köppen, tropical quente e úmido, com precipitação anual em torno de 1.152 mm (Köppen 1948). A Tabela 1 mostra os dados de precipitação pluviométrica mensal, verificados durante o período experimental, obtidos na Estação Evapotranspirométrica – setor de Irrigação e Agrometeorologia da UENF/PESAGRO (Campos dos Goytacazes – RJ). O solo é classificado como Latossolo Amarelo, cuja análise apresentou as seguintes características: pH 5,5; fósforo (mg dm^{-3}) 18; potássio (mg dm^{-3}) 83; Ca (cmolc dm^{-3}) 4,6; Mg (cmolc dm^{-3}) 3,0; Al (cmolc dm^{-3}) 0,1; H + Al (cmolc dm^{-3}) 4,5; e C (%) 1,6. Antes da implantação do experimento, foram coletadas amostras de solo com profundidade de 0 a 20 cm para a análise de fertilidade. O cálculo de adubação e, posteriormente, as correções necessárias tiveram como base a quinta aproximação do Manual para uso de Corretivos e Fertilizantes em MG.

Tabela 1- Dados pluviométricos (mm) organizados em meses, coletados nas proximidades da área experimental durante a execução do trabalho.

	2012	2013	2014	2015
Jan	216,5	125,7	26,5	0,0
Fev	11,7	44,3	4,0	40,3
Mar	73,6	230,2	143,3	
Abr	14,4	103,2	113,1	
Mai	147,2	41,6	25,7	
Junh	74,0	8,7	30,8	
Jul	5,9	67,1	139,6	
Agos	59,8	57,0	14,2	
Set	21,6	45,2	8,1	
Out	12,5	26,4	17,7	
Nov	134,0	158,4	69,1	
Dez	2,9	289,4	32,0	
Total	774,1	1197,2	624,1	40,3

Fonte: Estação Evapotranspirométrica do Centro Estadual de Pesquisa em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos – Pesagro/Rio, Campos dos Goytacazes.

3.1.3.2 Delineamento e genótipos avaliados

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com duas repetições, tendo a parcela sido formada por uma linha de 5,5m, com espaçamento de 2m, totalizando 11m^2 . Cada repetição continha 73 genótipos de

capim elefante provenientes do BAG da UENF (Tabela 2). O plantio ocorreu nos dias 23 e 24 de fevereiro de 2011, utilizando colmos inteiros, distribuídos nos sulcos, dois em cada sulco, na forma de pé com ponta. Após a fase de estabelecimento, no dia 15 de dezembro de 2011, todos os tratamentos foram cortados rente ao solo (corte de uniformização) e feito um replantio para minimizar as falhas nas linhas de plantio. Os ambientes foram constituídos por seis cortes feitos em junho/2012, dezembro/2012, agosto/2013, fevereiro /2014, agosto/2014 e fevereiro /2015. A característica avaliada foi a produção de matéria seca (PMS) por corte, em $t.ha^{-1}$. Logo após, foram retirados dois perfilhos, que foram colocados em sacos de papel de 5 kg para secagem em estufa a 65 m °C, por 72 horas, até peso constante (ASA – amostra seca ao ar). O material seco (folha e colmo) foi moído em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm e acondicionado em frasco de plástico. Em seguida, as amostras foram colocadas novamente para secar em estufa a 105 °C, por 12 horas (ASE - amostra seca em estufa).

Na adubação de plantio, foram distribuídos em cada linha 60 g de superfosfato simples e, 50 dias após o plantio, foi feita 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 K_2O (óxido de potássio) por hectare. Esta adubação de cobertura também foi feita após cada um dos demais cortes de avaliação.

Tabela 2 - Relação dos genótipos presentes no Banco Ativo de Germoplasma de Capim Elefante (BAG-UENF), Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil, 2015.

Genótipo	Identificação	Genótipo	Identificação
1	Elefante da Colômbia	38	T 241 Piracicaba
2	BAGCE 2	39	BAGCE 51
3	Três Rios	40	Elefante Cachoeiro Itapemirim
4	Napier Volta Grande	41	Capim Cana D'África
5	Mercker Santa Rita	42	Gramafante
6	Pusa Napier Nº 2	43	Roxo
7	Gigante de Pinda	44	Guaçu/I.Z.2
8	Napier Goiano	45	Cuba-115
9	Mercker S. E. A	46	Cuba-116
10	Taiwan A-148	47	King Grass
11	Porto Rico 534-B	48	Roxo Botucatu
12	Taiwan A-25	49	Mineirão IPEACO
13	Albano	50	Vruckwona Africano
14	Pusa Gigante Napier	51	Cameroon
15	Elefante Híbrido 534-A	52	BAGCE 69
16	Costa Rica	53	Guaçu
17	Cubano Pinda	54	Napierzinho
18	Mercker Pinda	55	IJ 7125
19	Mercker Pinda México	56	IJ 7136
20	Mercker 86 México	57	IJ 7139
21	Napier S.E.A.	58	Goiano
22	Taiwan A-143	59	CAC 262
23	Pusa Napier Nº 1	60	Ibitinema
24	Elefante de Pinda	61	Australiano
25	Mineiro	62	13 AD
26	Mole de Volta Grande	63	10 AD IRI
27	Porto Rico	64	07 AD IRI
28	Napier	65	Pasto Panamá
29	Mercker Comum	66	BAGCE 92
30	Teresópolis	67	05 AD IRI
31	Taiwan A-46	68	13 AD IRI
32	Duro de Volta Grande	69	03 AD IRI
33	Mercker Comum Pinda	70	02 AD IRI
34	Turrialba	71	08 AD IRI
35	Taiwan A-146	72	BAG 86
36	Taiwan A-121	73	BAG 87
37	Vruckwona		

3.1.3.3 Análises estatísticas

Para a análise genético-estatística, foram utilizados os recursos computacionais do Programa GENES, versão 1.0 (Cruz, 2013).

Segundo a característica mensurada, foi feita a análise de variância com base na média das parcelas, considerando todos os efeitos aleatórios (modelo aleatório), empregando o modelo genético-estatístico $Y_{ij} = \mu + g_i + b_j + \varepsilon_{ij}$, em que:

Y_{ij} = valor fenotípico da ij-ésima observação referente ao i-ésimo genótipo no j-ésimo bloco;

μ = constante geral da característica;

g_i = efeito do i-ésimo genótipo;

b_j = efeito do j-ésimo bloco; e

ε_{ij} = erro experimental médio.

No caso de plantas perenes, a análise de variância conjunta é feita com base no desempenho de algumas colheitas (cortes). O modelo estatístico, segundo Steel e Torrie (1996), é fornecido por $Y_{ijk} = \mu + G_i + B_j + \varepsilon_a + C_k + \varepsilon_b + GC_{ik} + \varepsilon_c$

em que:

Y_{ijk} = valor observado relativo ao i-ésimo genótipo no j-ésimo bloco, no k-ésimo corte;

μ = constante geral do ensaio;

G_i = efeito aleatório do i-ésimo genótipo;

B_j = efeito do j-ésimo bloco;

ε_a = efeito do erro a associado ao i-ésimo genótipo no j-ésimo bloco;

C_k = efeito aleatório do k-ésimo corte;

ε_b = efeito do erro b associado ao j-ésimo bloco no k-ésimo corte;

GC_{ik} = efeito da interação do i-ésimo genótipo com o k-ésimo corte; e

ε_{ijk} = efeito do erro c associado ao i-ésimo genótipo no j-ésimo bloco, no k-ésimo corte.

Foi feito o teste de Hartley, tendo os valores dos quadrados médios de resíduo (QMR) obtidos das análises de variância individuais (por cortes) de produção de matéria seca resultado numa relação entre o maior e o menor valor de QMR, possibilitando a inclusão de todos os ambientes na análise de variância conjunta, sendo considerada aceitável a proporção 7:1 (Cruz et al., 2014).

3.1.3.4 Metodologias de Estabilidade

Os métodos de estabilidade empregados tiveram por base a análise de variância e a não paramétrica.

3.1.3.4.1 Método de Yates e Cochran – Tradicional (1938)

O método consiste na análise conjunta dos experimentos considerando todos os ambientes e o posterior desdobramento da soma de quadrados dos efeitos de ambientes e da interação genótipos por ambientes, em efeitos de ambientes dentro de cada genótipo. Os genótipos que apresentam menores valores de θ_i são os mais estáveis. Seu estimador é:

$$QM (A/G_i) = \frac{r}{a-1} \left[\sum_j Y_{ij}^2 - \frac{(Y_i)^2}{a} \right], \text{ em que:}$$

Y_{ij} é a média do genótipo i ($i = 1, 2, \dots, g$), no ambiente j ($j = 1, 2, \dots, n$), r é o número de repetições associado ao genótipo e a é número total de ambientes.

3.1.3.4.2 Método Plaisted e Peterson (1959)

O método proposto por Plaisted e Peterson (1959) quantifica a contribuição relativa de cada genótipo para a interação $G \times A$ e identifica aqueles de maior estabilidade.

A estimativa foi obtida pela expressão:

$$\theta_i = \frac{\sum_i \sigma_{g_{aii'}}^2}{g-1} \text{ com } i \neq j'$$

Sendo:

$$\sigma_{g_{aii'}}^2 = \frac{SQ_{(G'_{ii'} \times A)}}{a-1} \cdot \frac{1}{r} \text{ QMR em que:}$$

$$SQ'_{(G'_{ii'} \times A)} = \frac{r}{2} \left[d_{ii'}^2 - \frac{1}{a} (Y_i - Y_i')^2 \right]; \text{ e } d_{ii'}^2 = \sum_j (Y_{ij} - Y_{i'j})^2 \text{ (para } j = 1, 2, \dots, n).$$

n é o número de ambientes.

A contribuição relativa de cada genótipo foi calculada por:

$$\theta_i(\%) = \frac{\theta_i \times 100}{g \sigma_{ga}^2}$$

3.1.3.4.3 Método de Wricke (1964)

A ecovalência (w_i) ou estabilidade do i -ésimo genótipo é dada por:

$$\omega_1 = [Y_{ij} - \bar{Y}_i - \bar{Y}_j + \bar{Y} \dots]^2, \text{ em que:}$$

Y_{ij} é a resposta média do genótipo i no ambiente j ;

i e j são os desvios médios de genótipos e ambientes, respectivamente; e

\bar{Y} é a média geral.

Assim, genótipos com baixos valores de w_i têm menores desvios em relação aos ambientes e são mais estáveis.

3.1.3.4.4 Método de Annicchiarico (1992)

O método de Annicchiarico baseia-se no chamado índice de confiança genotípico, sendo estimado por:

$$I_{i(g)} = \mu_{i(g)} - Z_{(1-\alpha)} \sigma_{Zi(g)}$$

Considerando todos os ambientes em que:

$\mu_{i(g)}$ é a média porcentual dos genótipos i ;

$Z_{(1-\alpha)}$ é o percentil da função de distribuição normal padrão; e

$\sigma_{Zi(g)}$ é o desvio padrão dos valores Z_{ij} , associado ao i -ésimo genótipo.

O coeficiente de confiança adotado foi de 75%, isto é, $\alpha = 0,25$.

3.1.3.4.5 Método de Lin e Binns (1988)

Neste método, o parâmetro P_i define a estabilidade de um genótipo e é definido como o quadrado médio da distância entre a média de um genótipo e a resposta média máxima para todos os locais, de modo que genótipos com menores valores correspondem aos de melhor desempenho. Assim, o estimador é dado por:

$$P_i = \sum_{j=1}^n (Y_{ij} - M_j)^2 / 2n, \text{ em que:}$$

P_i é a estimativa do parâmetro de estabilidade do genótipo i ;

Y_{ij} é a resposta do genótipo i no ambiente j ;

M_j é a resposta máxima observada entre todos os genótipos no ambiente j ; e

n é o número de ambientes.

3.1.3.4.6 Método de Huehn (1990)

Huehn (1990) sugeriu a avaliação de forma não paramétrica da estabilidade fenotípica com base na classificação dos genótipos em cada ambiente, utilizando o princípio da homeostasia para caracterizar os genótipos. No método em questão, um genótipo é considerado estável se a classificação apresentada pelo efeito da interação genótipos x ambientes for similar. Nesse caso, os parâmetros que medem a estabilidade (S_1 , S_2 e S_3) são iguais a zero.

Os parâmetros de estabilidade foram estimados com respaldo em:

i) S_1 : médias das diferenças absolutas entre as classificações do genótipo “i” nos ambientes, após a retirada dos efeitos de genótipos (Y'_{ij}):

$$S_1 = \frac{\sum_{j < i} |r_{ij} - r_{ij'}|}{a \frac{(a-1)}{2}}, \text{ em que :}$$

r_{ij} : classificação do genótipo i no ambiente j; e

a: número de ambientes.

ii) S_2 : variância das classificações do genótipo i nos ambientes, após retirada dos efeitos dos genótipos:

$$S_2 = \frac{\sum_j (r_{ij} - \bar{r}_j)^2}{a-1}, \text{ em que:}$$

$$\bar{r}_j = \frac{\sum_i r_{ij}}{a}$$

iii) S_3 : soma dos desvios absolutos de cada classificação em relação à média das classificações, ou seja:

$$S_3 = \frac{\sum_j |r_{ij} - \bar{r}_j|}{\bar{r}_i}$$

Por esse método, o genótipo com máxima estabilidade expressará estimativas de S_1 , S_2 e S_3 iguais a zero.

3.1.3.4.7 Metodologia de Kang e Phan

Foi feito o ranqueamento dos genótipos com base nos estimadores de Yates e Cochran (1938), de Plaisted e Peterson (1959), ecovalência de Wricke (1965), Annicchiarico (1992) Lin e Binns (1988) e Huehn (1990).

Para a hierarquização dos genótipos, eles foram classificados em ordem crescente com base nos estimadores de estabilidade citados, exceto para o método Annicchiarico em que hierarquização dos clones foi feita em ordem decrescente e, posteriormente, em ordem decrescente, com base nas estimativas nas médias de produção. Os valores do ranqueamento de cada genótipo foram somados, obtendo, assim, a soma das classificações, que constituiu o estimador de Kang e Phan.

Dessa forma, os genótipos com menores valores da soma de classificações são os mais estáveis e produtivos.

3.1.3.5 Coeficiente de correlação de Spearman

Para avaliar o grau de concordância entre os diferentes métodos empregados, foi utilizado o coeficiente de correlação de Spearman (ρ), que considera o ordenamento dos clones, de acordo com cada um dos parâmetros dos métodos de estabilidade.

A expressão para cálculo do coeficiente de Spearman é dada por:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2-1)}$$

em que:

ρ = coeficiente de correção de Spearman;

d_i = diferença entre as ordenações; e

n = número de partes de ordenações.

3.1.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises de variância individuais detectaram diferenças significativas de 1% e 5% entre os genótipos para todos os cortes avaliados para produção de matéria seca. Esses desempenhos diferenciados entre os genótipos de capim elefante indicam que há variabilidade genética no Banco Ativo de Germoplasma de Capim Elefante pertencente à UENF (Tabela 3). Em estudo conduzido por Oliveira et al. (2014), os genótipos de *P. purpureum* com 12 meses de idade apresentaram diferenças significativas de 1% para produção de matéria

seca. Menezes et al. (2014) também verificaram diferenças significativas para produção de matéria seca em 40 genótipos de *P. Purpureum*.

Os coeficientes de variação experimental variaram de 24,98% a 36,53%. Levando em consideração que a produção de matéria seca é uma característica quantitativa muito influenciada pelo ambiente, pode-se afirmar que os valores encontrados são aceitáveis. Em outros trabalhos com capim elefante (Oliveira et al., 2014; Rossi et al., 2014), os coeficientes de variação apresentaram valores altos para produção de matéria seca, de 22,96% a 36,95%.

O coeficiente de variação obtido da análise de variância de um ensaio experimental indica seu grau de precisão. Entretanto, há que considerar as particularidades da cultura estudada e, principalmente, fazer distinção quanto à natureza do caráter avaliado (Costa et al., 2002). Essa classificação pode variar, dependendo das condições edafoclimáticas ou do ciclo reprodutivo da cultura (Scapim et al., 2010).

Tabela 3. Resumo das análises de variância individuais da produção de matéria seca (PMS) de 73 genótipos de capim elefante em seis cortes.

Cortes	QMBloco	QMGen	QMRésiduo	Média geral	CV(%)
1	152,87	105,73*	69,93	22,89	36,53
2	42,23	19,6*	11,83	10,83	31,78
3	247,83	42,91**	21,04	18,36	24,98
4	1,9292	54,17*	35,49	16,85	35,35
5	0,053	55,5**	22,5	16,38	28,97
6	2,17	23,6*	14,82	11,9	32,37
GL	1	72	72		

QM: quadrado médio; GL: grau de liberdade; CV: coeficiente de variação; **Significativo no nível de 1% de probabilidade; *significativo a 5% de probabilidade.

Os valores obtidos das análises de variância individuais (por corte) de produção de matéria seca em t.ha⁻¹ resultaram numa relação entre o maior e o menor valor de quadrado médio de resíduo (QMR) igual a 5,91 (Tabela 4). Esta razão está em consonância com Daher et al. (2003), que avaliaram *P. pennisetum* em oito ambientes, tendo a relação de homogeneidade das variâncias (Teste de Hartley) apresentado o valor de 4,94, possibilitando a inclusão de todos os ambientes na análise conjunta.

Pimentel e Garcia (2002) comentam o uso do teste F máximo, concluindo que, se a relação entre o maior e o menor quadrado médio residual for menor do

que sete, a análise conjunta poderá ser feita sem maiores problemas. Porém, quando essa relação for maior que sete, convém considerar separadamente subgrupos de experimentos com quadrados médios residuais não muito heterogêneos.

Tabela 4. Resumo da análise de variância conjunta da produção de matéria seca (PMS) de 73 genótipos de capim elefante em seis cortes.

	12	GL	QM
Bloco		1	199,21
Genótipo		72	112,15*
Erro A		72	41,33
Corte		5	2843,24**
Erro B		5	50,14
Genótipo X Corte		360	37,9*
Erro C		360	26,2
QMr(maior)/QMr(menor)		-	5,91
Total		875	-

GL: grau de liberdade, QMr: quadrado do resíduo

**Significativo no nível de 1% de probabilidade; *significativo a 5% de probabilidade.

A análise de variância conjunta evidenciou efeitos significativos dos cortes ($p < 0,01$), dos genótipos ($p < 0,05$) e da interação corte x genótipos ($p < 0,05$) sobre a produção de matéria seca, indicando que os genótipos apresentaram um desempenho diferencial nos cortes semestrais avaliados (Tabela 4). O efeito significativo da interação genótipos por ambientes aponta desempenho inconsistente dos genótipos, influenciado pelas variações ambientais. Para o melhoramento de plantas, a avaliação dessa interação é fundamental, pois pode ocorrer que o melhor genótipo, em determinado ambiente, não tenha a mesma resposta em outro ambiente, sendo necessária a avaliação da sua estabilidade.

A interação genótipos por ambientes é desfavorável para o trabalho dos pesquisadores em decorrência das magnitudes das diferenças entre os genótipos e os cortes, alternando, portanto, a classificação dos genótipos com os cortes (Daher et al., 2003). Assim, procedeu-se, pela análise de estabilidade, a um estudo mais detalhado do desempenho dos genótipos frente a essas variações.

Tabela 5. Valores das médias para produção de matéria seca (M) e estimativas dos métodos Yates e Cochran (YC), Plaisted e Peterson (PP), Wricke (W), Annichiarico (A), Lin e Binns (LB) e Huenh(HU) com suas respectivas posições(P), para os 73 genótipos(G) de capim elefante.

1	YC			PP		W			A		LB			Hu				
G	M	P	QM	P	$\theta(\%)$	P	wi(%)	P	l(%)	P	Pi	P	S ₁	P	S ₂	P	S ₃	P
1	18,80	19	30,39	18	0,54	33	0,85	33	113,45	11	99,49	20	22,53	32	349,60	34	2,33	29
2	13,89	56	31,81	21	-0,45	4	0,25	4	83,29	52	166,18	50	18,33	24	237,37	22	2,87	45
3	20,02	9	31,14	19	0,09	19	0,58	19	121,67	7	87,02	15	24,40	44	413,07	42	4,26	68
4	17,20	31	475,74	73	17,17	73	11,13	73	81,84	54	127,63	34	15,93	16	301,37	27	1,13	6
5	19,01	16	209,30	71	9,74	72	6,54	72	101,04	29	115,13	25	12,00	7	96,00	7	0,70	4
6	12,96	63	41,34	29	-0,54	3	0,19	3	75,23	61	179,27	60	14,07	11	134,57	11	2,87	46
7	20,83	5	51,26	38	-0,34	10	0,31	10	125,80	4	74,28	8	23,67	39	373,77	38	3,40	59
8	11,40	70	5,67	1	0,69	38	0,95	38	68,77	66	225,06	72	26,07	50	442,70	50	2,56	35
9	13,94	55	55,33	42	1,39	52	1,38	52	79,38	59	176,27	58	24,00	43	440,80	49	2,65	39
10	18,86	18	82,08	52	1,33	50	1,34	50	111,10	15	85,71	14	23,47	38	387,47	39	2,36	30
11	21,51	4	71,34	47	0,72	40	0,97	40	128,75	3	56,74	3	24,80	45	433,47	45	2,61	38
12	15,60	38	53,03	39	-0,20	13	0,40	13	90,14	37	134,84	36	23,33	36	415,47	43	3,48	60
13	17,51	27	193,56	70	4,50	67	3,30	67	96,23	30	101,07	22	35,80	73	856,17	73	3,86	64
14	16,10	34	8,82	2	4,16	66	3,09	66	91,43	35	160,22	45	16,73	19	190,57	18	1,26	9
15	13,04	62	14,10	4	1,56	55	1,49	55	78,27	60	206,10	66	28,80	62	551,87	59	3,19	54
16	13,31	60	28,44	15	-0,32	12	0,33	12	79,45	58	179,63	61	26,40	51	468,00	51	4,23	67
17	18,92	17	17,16	8	4,94	70	3,58	70	104,97	22	92,52	18	8,13	4	49,47	3	0,46	3
18	14,40	50	40,81	27	0,10	21	0,59	21	84,68	50	160,86	48	27,87	57	573,20	62	4,62	71
19	17,19	32	45,79	32	0,31	26	0,72	26	102,20	27	126,53	33	31,80	71	76,14	5	4,95	72
20	13,62	58	87,07	54	0,26	25	0,69	25	75,17	62	166,54	51	23,67	40	398,30	41	2,51	32
21	11,92	67	44,68	31	-0,41	5	0,27	5	69,54	65	198,77	65	13,80	10	141,37	12	2,19	27
22	13,21	61	76,13	50	0,40	29	0,77	29	71,54	64	180,16	62	25,47	48	434,27	46	2,60	37

Tabela 5 – Cont.

G	YC			PP		W			A		LB			Hu				
	M	P	QM	P	$\theta(\%)$	P	$w_i(\%)$	P	I(%)	P	Pi	P	S_1	P	S_2	P	S_3	P
23	19,46	11	239,95	72	4,93	69	3,57	69	101,35	28	79,17	11	23,00	35	439,37	48	1,83	18
24	10,91	73	53,96	40	0,09	20	0,58	20	61,35	72	222,23	69	17,87	22	242,80	23	2,00	23
25	18,09	23	34,44	23	0,79	42	1,01	42	107,51	18	121,55	30	24,80	46	437,47	47	2,18	26
26	18,04	24	119,05	64	0,92	44	1,09	44	102,26	26	91,49	17	16,40	18	196,27	19	1,41	12
27	11,94	66	65,35	45	0,46	31	0,81	31	65,95	70	197,33	64	29,40	65	619,77	67	3,66	63
28	11,72	68	54,81	41	1,02	45	1,16	45	64,84	71	220,58	68	29,20	63	565,20	61	3,20	55
29	11,57	69	25,45	14	0,44	30	0,80	30	67,88	68	222,57	71	20,47	27	304,57	29	2,51	33
30	13,85	57	18,19	9	-0,35	8	0,31	8	84,43	51	174,21	55	12,40	8	101,87	8	2,31	28
31	22,09	2	75,48	49	0,06	18	0,56	18	132,57	2	53,13	2	16,20	17	209,10	20	1,53	13
32	19,79	10	92,07	57	0,04	17	0,55	17	117,31	10	72,32	6	11,33	5	89,07	6	1,19	7
33	15,05	43	29,06	16	-0,38	7	0,29	7	90,35	36	146,58	38	25,80	49	574,97	64	6,95	73
34	15,12	42	74,83	48	0,57	35	0,88	35	86,17	46	150,12	42	31,20	69	662,67	70	4,17	66
35	14,94	45	144,98	68	5,49	71	3,91	71	80,10	56	160,45	47	13,00	9	116,30	10	0,85	5
36	19,01	15	56,05	44	-0,33	11	0,32	11	113,13	12	87,45	16	27,67	56	532,17	56	4,54	70
37	17,36	29	157,94	69	2,33	62	1,96	62	95,80	31	100,86	21	16,87	20	187,77	16	1,35	11
38	17,87	25	87,66	55	1,41	53	1,40	53	102,87	25	111,51	23	31,07	68	654,67	69	3,60	62
39	13,99	54	41,13	28	0,58	36	0,88	36	80,82	55	175,71	57	18,40	25	269,47	25	1,62	15
40	14,97	44	36,46	26	2,94	63	2,34	63	86,16	47	174,98	56	27,07	53	523,20	54	2,09	25
41	12,90	64	42,46	30	-0,66	2	0,11	2	74,93	63	179,02	59	11,47	6	103,47	9	2,81	42
42	20,12	8	46,02	33	0,11	22	0,59	22	120,48	8	85,63	13	22,73	34	371,90	37	2,96	47
43	11,15	71	17,09	7	0,40	28	0,77	28	66,30	69	226,34	73	23,80	42	395,77	40	3,14	53
44	20,75	6	97,51	59	0,15	23	0,62	23	122,52	6	60,22	4	14,27	12	190,00	17	1,60	14
45	18,73	20	15,33	5	2,21	60	1,89	60	104,23	24	77,79	10	30,00	67	633,20	68	3,35	58
46	19,07	14	141,82	67	1,70	56	1,57	56	109,25	17	77,42	9	28,33	58	529,90	55	2,85	44

Tabela 5 – Cont

			YC		PP		W		A		LB			Hu				
G	M	P	QM	P	$\theta(\%)$	P	wi(%)	P	I(%)	P	Pi	P	S ₁	P	S ₂	P	S ₃	P
47	23,08	1	136,04	66	1,27	49	1,31	49	134,56	1	41,58	1	27,27	55	541,90	57	2,81	43
48	14,05	53	50,55	37	-0,14	14	0,44	14	82,44	53	158,25	43	20,40	26	325,87	31	3,01	49
49	17,37	28	33,09	22	-0,38	6	0,29	6	105,29	21	116,90	26	17,60	21	221,47	21	3,53	61
50	17,31	30	23,36	12	0,74	41	0,98	41	104,36	23	120,66	29	20,60	28	296,57	26	1,97	22
51	15,51	39	76,28	51	3,32	65	2,57	65	88,11	40	160,37	46	7,87	3	53,07	4	0,42	2
52	14,88	46	35,75	25	1,25	48	1,30	48	87,48	42	168,63	53	29,80	66	606,97	66	3,11	51
53	15,72	37	35,58	24	3,28	64	2,55	64	93,83	32	166,58	52	31,60	70	666,00	71	2,98	48
54	19,28	13	106,01	62	0,55	34	0,86	34	112,41	13	72,78	7	14,80	14	180,67	15	1,34	10
55	18,25	21	29,92	17	-0,02	16	0,51	16	110,60	16	112,70	24	14,47	13	161,77	14	1,94	21
56	15,96	35	83,83	53	0,25	24	0,68	24	92,25	34	120,60	28	26,67	52	518,80	53	4,36	69
57	14,10	52	23,51	13	-0,35	9	0,31	9	85,13	49	165,15	49	21,60	31	323,60	30	3,04	50
58	13,33	59	15,80	6	1,22	47	1,28	47	79,79	57	191,25	63	21,00	29	344,30	33	1,63	16
59	15,93	36	100,39	60	0,69	39	0,95	39	90,00	38	129,99	35	25,20	47	423,20	44	2,67	40
60	17,63	26	31,39	20	0,66	37	0,93	37	106,28	19	124,59	32	22,60	33	339,37	32	2,70	41
61	21,82	3	135,53	65	4,65	68	3,40	68	124,21	5	83,61	12	4,80	1	17,07	1	0,30	1
62	14,75	47	21,16	10	0,81	43	1,02	43	87,99	41	159,59	44	23,73	41	368,27	36	2,08	24
63	14,48	49	46,11	34	-0,78	1	0,04	1	86,41	43	148,83	40	7,73	2	44,27	2	3,13	52
64	16,57	33	93,70	58	0,49	32	0,83	32	93,79	33	122,76	31	29,33	64	592,67	65	3,32	57
65	20,65	7	112,32	63	1,21	46	1,27	46	118,75	9	67,58	5	21,40	30	302,57	28	1,83	19
66	14,24	51	22,86	11	0,33	27	0,73	27	85,31	48	169,09	54	17,87	23	250,27	24	1,74	17
67	18,15	22	70,09	46	2,23	61	1,90	61	105,60	20	119,14	27	14,93	15	148,27	13	1,22	8
68	10,96	72	105,56	61	1,79	58	1,63	58	56,53	73	222,50	70	28,73	61	547,10	58	2,53	34
69	19,38	12	91,81	56	1,88	59	1,68	59	111,29	14	94,70	19	23,33	37	351,47	35	1,86	20
70	15,37	41	10,64	3	1,71	57	1,58	57	86,19	45	145,45	37	28,67	60	573,47	63	2,48	31
71	12,03	65	55,95	43	1,47	54	1,43	54	67,96	67	207,02	67	32,33	72	680,17	72	3,29	56
72	14,72	48	48,77	36	-0,06	15	0,49	15	86,23	44	146,89	39	27,20	54	495,60	52	4,00	65
73	15,46	40	47,03	35	1,36	51	1,36	51	88,89	39	149,87	41	28,53	59	563,20	60	2,56	36

O parâmetro de estabilidade do método Yates e Cochran é apresentado na Tabela 5. Essa metodologia indicou os genótipos 8, 14, 70, 15, 45, 58, 43, 17, 30 e 62 como os 10 genótipos mais estáveis do grupo avaliado. Por outro lado, as classificações correspondentes destes genótipos quanto à média nos seis cortes de avaliações não foram satisfatórias (70°, 34°, 41°, 62°, 20°, 59°, 71°, 17°, 57° e 47°), corroborando a suposição feita por Cruz e Carneiro (2014) de que genótipos com resposta regular em uma série de ambientes são, em geral, pouco produtivos.

A avaliação da estabilidade do desempenho dos genótipos por meio do método, de Plaisted e Peterson (1959), que tem por base a análise de variância, mostrou que os 10 genótipos mais estáveis, por apresentarem menores valores para a estimativa de θ (%), foram 63, 41, 6,2, 21, 49, 33, 30, 57 e 7, em ordem crescente de magnitude.

De acordo com esse método, de um modo geral, não houve concordância entre estabilidade e produtividade, ou seja, os genótipos mais produtivos não se apresentaram necessariamente como os mais estáveis. Conforme Daher et al. (2003), que avaliaram 17 clones de capim elefante para produção forrageira, as estimativas de estabilidade de Plaisted e Peterson também comprovaram que não houve concordância entre estabilidade e produtividade, ou seja, os genótipos mais produtivos não se apresentaram, necessariamente, como os mais estáveis.

O método de Wricke considera o genótipo que apresenta menor estimativa w_i (%) o mais estável, similarmente a Plaisted e Peterson. As conclusões obtidas foram idênticas para ambos os métodos de estabilidade.

Pelos resultados da análise de estabilidade obtidos pelo método de Annicchiarico (1992), os genótipos 47, 31, 11, 7, 61, 44, 3, 42, 65 e 32 foram superiores, com índices de confiança acima de 100% quando considerados todos os ambientes, indicando que eles apresentam boa estabilidade, comportando-se de maneira previsível em diferentes cortes.

A metodologia de Annicchiarico (1992) expressa a estabilidade genotípica, facilitando a tomada de decisão (Cruz e Carneiro, 2014). Considerando a dinâmica e a recorrência dos processos nos programas de melhoramento, trata-se de uma metodologia que pode ser aplicada no momento de decisão de permanência ou retirada de um determinado genótipo do programa, com segurança e rapidez.

A aplicação do método de Lin e Binns (1988) possibilitou a identificação de indivíduos com alta produção de matéria seca e estabilidade fenotípica (menores valores de P_i). Verifica-se, na Tabela 4, que o genótipo 47 é o mais adaptado e estável, com o menor valor de P_i , nos 6 cortes, seguido dos genótipos 31, 11, 44, 65, 32, 54, 7, 46 e 45, com aumentos respectivos de produção de matéria seca. Estes resultados concordam com Daher et al. (2003), que encontraram relacionamento inverso entre o parâmetro de estabilidade P_i e as médias de produtividade dos clones, indicando a aplicabilidade dessas estimativas de estabilidade para a avaliação de genótipos de ciclo perene submetidos a cortes sucessivos.

A capacidade desse parâmetro em detectar o comportamento genotípico dos clones se baseia na utilização de desvios entre o genótipo avaliado e a produtividade máxima dentro de cada ambiente. Assim, baixos valores de P_i para determinado genótipo evidenciam que ele esteve próximo do máximo nos cortes processados (Daher et al., 2003).

Os resultados encontrados para os parâmetros de estabilidade, de acordo com a metodologia de Huehn (1990), para produção de matéria seca, encontram-se na Tabela 4. De acordo com os resultados, o genótipo 61 foi considerado o mais estável entre todos os demais, com a menor estimativa dos parâmetros S_1 , S_2 e S_3 , com boa classificação da média em todos os cortes.

Os genótipos 63, 17, 51, 32 e 5 também mostraram boas estimativas de parâmetros para produção de matéria seca, sendo o genótipo 63 o segundo genótipo mais estável, de acordo com S_1 e S_2 . Por essa metodologia, os genótipos que apresentam menor variância nos postos são considerados mais estáveis.

Tabela 6. Valores das médias para produção de matéria seca (M) e estimativas dos métodos Kang e Phan(KP), aplicados aos métodos Yates e Cochran (KP+YC), Plaisted e Peterson (KP+PP), Wricke (KP+W), Annicchiarico (KP+A), Lin e Binns (KP+LB) e Huenh (KP+HU) com suas respectivas posições (P), para os 73 genótipos(G) de capim elefante.

G	M	P	KP+YC	P	KP+PP	P	KP+W _i	P	KP+A	P	KP+LB	P	KP+HuS ₁	P	KP+HuS ₂	P	KP+HuS ₃	P
1	18,80	19	37	5	52	16	52	16	30	14	39	19	51	21	53	23	48	20
2	13,89	56	77	40	60	20	60	20	108	54	106	54	80	41	78	38	101	53
3	20,02	9	28	3	28	5	28	5	16	7	24	13	53	23	51	20	77	37
4	17,20	31	104	65	104	63	104	63	85	41	65	33	47	16	58	27	37	13
5	19,01	16	87	51	88	48	88	48	45	23	41	20	23	6	23	5	20	4
6	12,96	63	92	58	66	27	66	27	124	62	123	61	74	35	74	36	109	64
7	20,83	5	43	9	15	1	15	1	9	5	13	6	44	14	43	12	64	27
8	11,40	70	71	35	108	68	108	68	136	67	142	70	120	68	120	68	105	60
9	13,94	55	97	61	107	66	107	66	114	57	113	58	98	54	104	58	94	47
10	18,86	18	70	32	68	30	68	30	33	16	32	17	56	26	57	26	48	21
11	21,51	4	51	14	44	10	44	10	7	3	7	3	49	17	49	18	42	16
12	15,60	38	77	41	51	15	51	15	75	37	74	36	74	36	81	42	98	51
13	17,51	27	97	62	94	55	94	55	57	29	49	24	100	57	100	55	91	46
14	16,10	34	36	4	100	61	100	61	69	33	79	38	53	24	52	22	43	18
15	13,04	62	66	25	117	71	117	71	122	61	128	64	124	69	121	69	116	66
16	13,31	60	75	37	72	37	72	37	118	59	121	59	111	64	111	63	127	72
17	18,92	17	25	1	87	47	87	47	39	18	35	18	21	5	20	3	20	5
18	14,40	50	77	42	71	33	71	33	100	50	98	49	107	61	112	65	121	68
19	17,19	32	64	21	58	18	58	18	59	30	65	34	103	60	37	11	104	58
20	13,62	58	112	70	83	45	83	45	120	60	109	55	98	55	99	54	90	44
21	11,92	67	98	63	72	38	72	38	132	65	132	66	77	38	79	39	94	48
22	13,21	61	111	68	90	49	90	49	125	65	123	62	109	63	107	60	98	52
23	19,46	11	83	47	80	43	80	43	39	19	22	11	46	15	59	30	29	9
24	10,91	73	113	71	93	54	93	54	145	72	142	71	95	50	96	50	96	49

Tabela 6 – Cont.

G	M	P	KP+YC	P	KP+PP	P	KP+Wi	P	KP+A	P	KP+LB	P	KP+HuS ₁	P	KP+HuS ₂	P	KP+HuS ₃	P
25	18,09	23	46	11	65	24	65	24	41	20	53	27	69	31	70	33	49	22
26	18,04	24	88	52	68	31	68	31	50	26	41	21	42	11	43	13	36	12
27	11,94	66	111	69	97	57	97	57	136	68	130	65	131	70	133	72	129	73
28	11,72	68	109	67	113	69	113	69	139	70	136	68	131	71	129	70	123	70
29	11,57	69	83	48	99	59	99	59	137	69	140	69	96	51	98	51	102	55
30	13,85	57	66	26	65	25	65	25	108	55	112	57	65	30	65	31	85	39
31	22,09	2	51	15	20	2	20	2	4	2	4	2	19	4	22	4	15	2
32	19,79	10	67	27	27	4	27	4	20	10	16	8	15	2	16	2	17	3
33	15,05	43	59	17	50	12	50	12	79	38	81	39	92	48	107	61	116	67
34	15,12	42	90	54	77	40	77	40	88	43	84	41	111	65	112	66	108	63
35	14,94	45	113	72	116	70	116	70	101	51	92	47	54	25	55	24	50	23
36	19,01	15	59	18	26	3	26	3	27	13	31	15	71	33	71	34	85	40
37	17,36	29	98	64	91	52	91	52	60	31	50	26	49	18	45	15	40	14
38	17,87	25	80	44	78	41	78	41	50	27	48	23	93	49	94	49	87	42
39	13,99	54	82	46	90	50	90	50	109	56	111	56	79	39	79	40	69	30
40	14,97	44	70	33	107	67	107	67	91	46	100	51	97	52	98	52	69	31
41	12,90	64	94	59	66	28	66	28	127	64	123	63	70	32	73	35	106	61
42	20,12	8	41	7	30	7	30	7	16	8	21	10	42	12	45	16	55	25
43	11,15	71	78	43	99	60	99	60	140	71	144	73	113	67	111	64	124	71
44	20,75	6	65	22	29	6	29	6	12	6	10	4	18	3	23	6	20	6
45	18,73	20	25	2	80	44	80	44	44	22	30	14	87	44	88	46	78	38
36	19,01	15	59	18	26	3	26	3	27	13	31	15	71	33	71	34	85	40
37	17,36	29	98	64	91	52	91	52	60	31	50	26	49	18	45	15	40	14
46	19,07	14	81	45	70	32	70	32	31	15	23	12	72	34	69	32	58	26
47	23,08	1	67	28	50	13	50	13	2	1	2	1	56	27	58	28	44	19

Tabela 6 – Cont.

G	M	P	KP+YC	P	KP+PP	P	KP+Wi	P	KP+A	P	KP+LB	P	KP+HuS ₁	P	KP+HuS ₂	P	KP+HuS ₃	P
48	14,05	53	90	55	67	29	67	29	106	53	96	48	79	40	84	45	102	56
49	17,37	28	50	13	34	8	34	8	49	25	54	28	49	19	49	19	89	43
50	17,31	30	42	8	71	34	71	34	53	28	59	30	58	28	56	25	52	24
51	15,51	39	90	56	104	64	104	64	79	39	85	42	42	13	43	14	41	15
52	14,88	46	71	36	94	56	94	56	88	44	99	50	112	66	112	67	97	50
53	15,72	37	61	19	101	62	101	62	69	34	89	44	107	62	108	62	85	41
54	19,28	13	75	38	47	11	47	11	26	11	20	9	27	7	28	7	23	7
55	18,25	21	38	6	37	9	37	9	37	17	45	22	34	8	35	8	42	17
56	15,96	35	88	53	59	19	59	19	69	35	63	31	87	45	88	47	104	59
57	14,10	52	65	23	61	21	61	21	101	52	101	52	83	42	82	43	102	57
58	13,33	59	65	24	106	65	106	65	116	58	122	60	88	46	92	48	75	34
59	15,93	36	96	60	75	39	75	39	74	36	71	35	83	43	80	41	76	35
60	17,63	26	46	12	63	22	63	22	45	24	58	29	59	29	58	29	67	28
61	21,82	3	68	29	71	35	71	35	8	4	15	7	4	1	4	1	4	1
62	14,75	47	57	16	90	51	90	51	88	45	91	46	88	47	83	44	71	32
63	14,48	49	83	49	50	14	50	14	92	47	89	45	51	22	51	21	101	54
64	16,57	33	91	57	65	26	65	26	66	32	64	32	97	53	98	53	90	45
65	20,65	7	70	34	53	17	53	17	16	9	12	5	37	9	35	9	26	8
66	14,24	51	62	20	78	42	78	42	99	49	105	53	74	37	75	37	68	29
67	18,15	22	68	30	83	46	83	46	42	21	49	25	37	10	35	10	30	10
68	10,96	72	133	73	130	73	130	73	145	73	142	72	133	72	130	71	106	62
69	19,38	12	68	31	71	36	71	36	26	12	31	16	49	20	47	17	32	11
70	15,37	41	44	10	98	58	98	58	86	42	78	37	101	58	104	59	72	33
71	12,03	65	108	66	119	72	119	72	132	66	132	67	137	73	137	73	121	69
72	14,72	48	84	50	63	23	63	23	92	48	87	43	102	59	100	56	113	65
73	15,46	40	75	39	91	53	91	53	79	40	81	40	99	56	100	57	76	36

Os resultados referentes ao método de classificação por ranques, de acordo com o desempenho dos genótipos e suas respectivas estimativas dos parâmetros de estabilidade fenotípica, estão disponibilizados na Tabela 6.

O parâmetro de estabilidade do método Yates e Cochran indicou os genótipos 8, 14, 70, 15, 45, 58, 43, 17, 30 e 62, Tabela 5, como os mais estáveis, mas com médias não satisfatórias. Com o ranqueamento de Kang e Phan, associado ao método Yates e Cochran, Tabela 6, esses genótipos passaram a ter melhores posições de ranqueamento nas médias 35^o, 4^o, 10^o, 25^o, 2^o, 24^o, 43^o, 1^o, 26^o e 16^o, respectivamente. Nota-se, no geral, que os clones mais estáveis passaram a ocupar melhores posições de médias após a ponderação de Kang e Phan.

Os dez melhores genótipos resultantes da metodologia de Kang e Phan, associada aos métodos Plaisted e Peterson (1959) e Wrickie (1965), foram os 7, 31, 36, 32, 3, 44, 42, 49, 55 e 11. Entre eles, destacaram-se os genótipos 31, 11, 7, 44 e 42, que se apresentaram entre os mais produtivos. Os resultados para os métodos são os mesmos, pois eles apresentam correlação perfeita entre si.

Para o método Annicchiarico, os clones de maiores índices de confiança foram os de maior estabilidade. Esse método, associado com Kang e Phan, não apresentou alterações na mudança do ranqueamento dos genótipos. Então, os genótipos 47, 31, 11, 61, 7, 44, 3, 54 e 45 prevaleceram como os mais estáveis e mais produtivos. Assim, ambas as metodologias apresentaram boa concordância em identificar as cultivares com maior estabilidade e produção de matéria seca.

Os genótipos 47, 31, 11, 44, 65, 32, 54, 7, 46 e 45 destacaram-se como muito promissores pelo método Lin e Binns. Entretanto, a associação do Kang Phan ao Lin e Binns levou a uma pequena mudança na posição do ranqueamento, de 47, 31, 44, 65, 7, 61, 32, 54 e 42, mantendo as mesmas posições com alta estabilidade e produção de matéria (Tabela 6). Esses resultados indicam que esses genótipos apresentaram alta estabilidade e, o mais importante para os melhoristas de capim elefante, alta produção de matéria seca. Assim, os métodos não paramétricos de Annicchiarico, Lin e Binns e ambos, associados ao método de Kang e Phan, foram eficientes em identificar genótipos com altas estabilidade e produção de matéria seca.

O método de Kang e Phan, associado ao método de Huehn, manteve os genótipos 61, 31, 32, 17, 44 e 54 nas melhores posições de estabilidade. Apesar

da simplicidade de obtenção das estatísticas que avaliaram a estabilidade, o método de Huehn (1990) é criticado por não levar em consideração a magnitude dos valores médios obtidos, outro aspecto que contempla a estabilidade, independentemente de a classificação ser boa ou ruim. Dessa forma, a estatística só será útil se considerar simultaneamente a média de desempenho dos genótipos avaliados (Cruz e Carneiro, 2014).

Tabela 7. Correlações de Spearman entre os parâmetros de estabilidade dos diferentes métodos utilizados em 73 genótipos de capim elefante.

	YC	PP	W	A	LB	S ₁	S ₂	S ₃	KP+YC	KP+PP	KP+W	KP+A	KP+LB	KP+S ₁	KP+S ₂	KP+S ₃
M	0,38**	-0,23*	-0,23*	-0,97**	0,97**	0,14ns	0,15ns	0,23ns	0,53**	0,58**	0,58**	0,11ns	0,99**	0,74**	0,74**	0,78**
YC		0,30**	0,30**	0,25*	-0,43**	-0,06ns	-0,03ns	-0,21ns	0,55**	-0,08ns	-0,08ns	-0,56**	-0,41**	-0,30**	-0,28*	-0,36**
PP			1	0,10ns	-0,13ns	0,16ns	0,17ns	-0,45**	0,07ns	0,64**	0,64**	-0,54**	-0,18ns	-0,04ns	-0,03ns	-0,43**
W				0,10ns	-0,13ns	0,16ns	0,17ns	-0,45**	0,07ns	0,64**	0,64**	-0,54**	-0,18ns	-0,04ns	-0,03ns	-0,43**
A					-0,94**	-0,13ns	-0,15ns	-0,15ns	-0,64**	-0,68**	-0,68**	0,10ns	-0,96**	-0,71**	-0,73**	-0,71**
LB						0,15ns	0,14ns	0,17ns	0,46**	0,66**	0,66**	0,12ns	0,99**	0,73**	0,72**	0,72**
S ₁							0,92**	0,70**	0,05ns	0,23ns	0,23ns	-0,04ns	0,14ns	0,76**	0,70**	0,52**
S ₂								0,63**	0,09ns	0,25*	0,25*	-0,12ns	0,14ns	0,69**	0,76**	0,48**
S ₃									0,03ns	-0,21ns	-0,21ns	0,26*	0,19ns	0,61**	0,56**	0,78**
KP+YC										0,45**	0,45**	-0,45**	0,50**	0,37**	0,40**	0,37**
KP+PP											1	-0,38**	0,62**	0,54**	0,55**	0,23*
KP+W												1	-0,38**	0,62**	0,54**	0,23*
KP+A													0,12ns	0,05ns	0,002ns	0,23ns
KP+LB														0,74**	0,73**	0,75**
KP+S ₁															0,95**	0,85**
KP+S ₂																0,82**
KP+S ₃																

**Significativo no nível de 1% de probabilidade; *significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t. Médias para produção de matéria seca(M), Yates e Cochran(YC), Plaisted e Peterson (PP), Wricke (W), Annichiarico (A) e Lin e Binns (LB), Huehn(S₁, S₂ e S₃) e Kang e Phan associados a Yates e Cochran (KP+YC), Plaisted e Peterson (KP+PP), Wricke (KP+W), Annichiarico (KP+A), Lin e Binns (KP+LB) e Huehn (S₁, S₂ e S₃).

As correlações entre os diferentes métodos de estabilidade para o caráter produção de matéria seca, de acordo com o coeficiente de correlação de Spearman (r), revelaram significância estatística em 5 e 1% de probabilidade pelo teste t , denotando que, em parte, estes métodos têm concordância (Tabela 6).

A média apresentou correlações altas pelos métodos Lin e Binns e Annicchiarico, positiva e negativamente, respectivamente. Com relação ao método de Kang e Phan, houve mudança no ranqueamento de Yates e Cochran (1938), Plaisted e Peterson (1959), Wricke (1965) e Huehn, passando a ser positiva a correlação, apesar de baixa.

Os métodos que apresentaram altas correlações entre si foram Plaisted e Peterson e Wricke ($r=1$) e Kang e Phan. Daher et al. (2003) também obtiveram o mesmo resultado para produção de matéria seca em estudos de estabilidade em capim elefante.

O método de Kang e Phan, associado ao de Lin e Binns, apresentou correlações altas negativas e positivas, respectivamente, com os métodos Annicchiarico ($r= -0,96$) e Lin e Binns ($r=0,99$). Os resultados da metodologia de Lin e Binns e Annicchiarico foram similares, estando em consonância com os resultados obtidos por Carvalho et al. (2013) quanto à similaridade na recomendação dos genótipos destas metodologias.

Ainda comparando as estimativas dos algoritmos dos métodos não paramétricos, observa-se que os parâmetros S_1 , S_2 e S_3 de Huehn (1990) exibiram alta concordância ($P < 0,01$) entre si e associados ao Kang e Phan, destacando-se com alta correlação S_1 e S_2 ($r=0,92$) e Kang e Phan, associado ao S_1 e S_2 ($r=0,95$). Scapim et al. (2010) investigaram as correlações entre parâmetros de estabilidade de alguns métodos como os de Huehn (1990) e Kang (1988), no intuito de identificar qual método é mais confiável para selecionar cultivares de milho pipoca. Segundo esses autores, S_1 , S_2 e S_3 foram, positiva e significativamente, correlacionados, indicando que apenas uma dessas estatísticas é suficiente para a seleção de genótipos estáveis.

3.1.5 CONCLUSÕES

Os genótipos que apresentaram as maiores produções de matéria seca foram os de maior estabilidade pelo método de Lin e Binns assim como pelo método de Annicchiarico. Estes métodos mostram forte associação entre si e produzem classificações genotípicas similares quanto à estabilidade fenotípica, recomendando-se utilizar um ou outro.

O método de Plaisted & Peterson (1959) e de Wrickie (1965) apresentou correlação de Spearman igual a 1, indicando os mesmos genótipos estáveis, recomendando-se utilizar um ou outro.

Dos 73 genótipos de maior produtividade e bons parâmetros de estabilidade, conclui-se que os genótipos que se mostraram mais promissores para usos possíveis foram King Grass, Taiwan A-46, Porto Rico 534-B, Gigante de Pinda, Australiano, Guaçu/IZ.

3.2 CORRELAÇÕES EM CARACTERES QUANTITATIVOS EM CAPIM ELEFANTE PARA FINS ENERGÉTICOS

3.2.1. INTRODUÇÃO

O capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) é uma gramínea de origem tropical, adaptada a vários ambientes (Kollet et al., 2006), com elevada quantidade de biomassa (Lima et al., 2011). Estas características têm estimulado o interesse do setor energético, principalmente pela alta produtividade e pelo ciclo curto, aliados a diversas variáveis de qualidade da biomassa, que propiciam sua utilização para tais fins. Entre estas qualidades pontuam o alto teor de fibra, mais especificamente, os teores dos componentes ricos em carbono e com elevado poder calorífico, como a celulose e lignina, bem como a alta relação carbono/nitrogênio (C/N) (Zanetti, 2009).

O estudo das relações entre as variáveis dessa espécie é muito importante para seu melhoramento (Cunha et al., 2011). Entretanto, a maioria dessas variáveis é de herança complexa, ou seja, controladas por vários genes, com baixa herdabilidade e elevada interação com o ambiente, o que dificulta a seleção (Cruz et al., 2012).

Todavia, a seleção indireta através de caracteres menos complexos com maior herdabilidade e de fácil mensuração poderá resultar em maiores progressos genéticos em relação ao uso da seleção direta. Deste modo, grande importância tem sido conferida, nos programas de melhoramento, aos estudos de caracteres

correlacionados (Yasin e Singh, 2010). Para Das e Taliaferro (2009), a correlação entre caracteres é um parâmetro que permite conhecer as modificações que ocorrem em um determinado caráter em função da seleção praticada em outro caráter correlacionado a ele.

Porém, Cruz et al. (2012) relataram que a quantificação e a interpretação da magnitude de uma correlação podem, contudo, resultar em equívocos na estratégia de seleção, pois correlação elevada pode ser resultado do efeito de um terceiro ou de um grupo de caracteres.

Neste contexto, a análise de trilha é utilizada para entender as causas envolvidas nas associações entre caracteres e decompor a correlação existente em efeitos diretos e indiretos, através de uma variável principal e das variáveis explicativas. Para Rao et al. (2013), a análise de trilha reside basicamente na formulação do relacionamento causa-efeito entre as variáveis.

Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar as correlações fenotípicas, genéticas e ambientais, bem como a análise de trilha em 73 genótipos de capim elefante para fins energéticos.

3.2.2 REVISÃO DE LITERATURA

3.2.2.1 Importância das Avaliações Morfoagronômicas

O capim elefante como fonte de biomassa para geração de energia térmica ou elétrica tem despertado interesse do setor energético. Em comparação com outras culturas energéticas como o eucalipto, essa poácea apresenta ciclo de produção de seis meses, menor custo para produção de biomassa, menor necessidade de áreas, tem elevadas taxas de celulose, lignina, hemicelulose (principalmente celulose), compostos importantes na composição química da biomassa para fins energéticos (Silva et al., 2009).

Como qualquer outra espécie de forrageira, o capim elefante sofre alterações em sua produtividade, constituição morfológica e química à medida que sua idade é aumentada. De modo geral, com o aumento do intervalo entre os cortes, os teores de proteína, hemicelulose e a digestibilidade da biomassa

decrecem, enquanto os de fibra, lignina e celulose e a produtividade aumentam. Portanto, intervalos maiores entre cortes devem ser adotados para uso na produção de energia (Flores et al., 2012)

As avaliações morfoagronômicas fornecem uma série de informações a respeito da variabilidade genética de cada genótipo estudado, possibilitando, dessa forma, o conhecimento do germoplasma e a determinação de sua utilidade potencial e futura. Esse tipo de caracterização é uma forma bastante comum de selecionar genótipos mais adaptados a cada condição ambiental do país (Valle et al., 2009), seguida de trabalhos de pré-melhoramento, tais como estudos de diversidade com base em marcadores moleculares (Lima, 2011; Azevedo et al., 2012) e com base em características morfológicas, que orientarão os cruzamentos direcionados (Oliveira et al., 2013; Oliveira et al., 2014).

Assim, o conhecimento da variabilidade de caracteres pode orientar, de acordo com o interesse de utilização, a escolha do genótipo. Quanto maior a proporção das causas genéticas na variabilidade, maiores a herdabilidade e o ganho esperado. Assim, a avaliação de características como altura do dossel, diâmetro de colmo, comprimento e largura da folha, número de folhas, número de perfilho, área foliar e relação folha/colmo traz informações adicionais sobre a qualidade do material e direciona os programas de melhoramento de capim elefante (Teixeira et al., 2009).

3.2.2.2 Herdabilidade

Entre os parâmetros genéticos e fenotípicos que podem auxiliar o direcionamento da seleção de genótipos mais promissores de capim elefante, destacam-se as variâncias genéticas e fenotípicas, a herdabilidade e os progressos genéticos esperados. Quanto à herdabilidade, é fundamental que seja a mais real possível, pela sua importância na predição de ganhos genéticos de um caráter (Ferrão et al., 2008).

A herdabilidade reflete a proporção da variação fenotípica que pode ser herdada, ou seja, quantifica a confiabilidade do valor fenotípico como guia para o valor genético. Apenas o valor fenotípico de um indivíduo pode ser mensurado, porém, é o valor genético que influenciará a próxima geração. Sendo assim, é importante o conhecimento de quanto da variação fenotípica é atribuída à variação genotípica, e este conhecimento é medido pela herdabilidade (Falconer

1997).

Variável com alta herdabilidade reflete a menor influência do ambiente, o que aumenta seu poder discriminatório. Já as variáveis com baixa herdabilidade têm componente ambiental alto, o que faz a variável variar aleatoriamente, diminuindo sua eficiência discriminatória. Baixos valores da herdabilidade podem estar refletindo também a pequena variabilidade genética da característica no material estudado (Severino et al., 2002). Pode, ainda, ser definida de acordo com a variância genética envolvida, sob dois pontos de vista: herdabilidade no sentido amplo e herdabilidade no sentido restrito. A primeira definição envolve uma razão entre variância genética total e variância total. A segunda é representada pela razão entre a variância genética aditiva e a variância total.

Pela sua importância, a herdabilidade deve ser conhecida para a condução de um programa de melhoramento, e muitas decisões práticas são tomadas em função de sua magnitude. A predição do ganho com seleção antes da sua realização, servindo de subsídio para a definição da estratégia de seleção, é uma utilidade direta do valor da herdabilidade no sentido restrito (Fehr, 1987; Ramalho, 2008).

Normalmente, a herdabilidade é estimada por uma análise de variância. É normal a ocorrência de erros associados às estimativas de herdabilidade e de outros componentes da variância genética. Sendo assim, as estimativas devem ser avaliadas com cuidado. Existe grande faixa de variação nas estimativas da herdabilidade de um mesmo caráter que pode ser parcialmente atribuída à amostragem, às diferenças populacionais e às diferenças ambientais (Vencovsky e Barriga, 1992; Ramalho, 2008).

3.2.2.3 Correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais e análise de trilha

No melhoramento, é de grande interesse conhecer os relacionamentos existentes entre as variáveis empregadas, uma vez que há necessidade de obter ganhos não para uma única variável, mas para um conjunto delas. A correlação entre duas variáveis pode ser de natureza genotípica, fenotípica ou ambiental, mas somente as correlações genotípicas envolvem uma associação de natureza herdável, sendo de grande interesse para o melhoramento (Daher et al., 2004).

A interpretação da magnitude de uma correlação simples pode, contudo, resultar em equívocos na estratégia de seleção quando uma correlação alta entre dois caracteres for consequência do efeito indireto de outros caracteres (Dewey e Lu, 1959).

Porém, as correlações não são medidas de causa e efeito, e a interpretação direta das suas magnitudes pode resultar em equívocos na estratégia de seleção, porque correlação alta entre dois caracteres pode ser resultado do efeito sobre eles de um terceiro caráter ou de um grupo de caracteres (Pereira, 2008), sendo necessário o emprego de metodologias específicas, como as correlações parciais, correlações canônicas e análise de trilha (Cruz et al., 2012).

Em capim elefante, existem trabalhos de análise de trilha como o de Menezes et al. (2014), que avaliaram os coeficientes de correlação e os desdobramentos das correlações genóticas, em efeitos diretos e indiretos das variáveis na produção de matéria seca, as características de altura da planta, diâmetro do colmo e largura da lâmina foliar, que apresentaram correlação genotípica positiva e significativa com produção de matéria seca.

Daher et al. (2004) obtiveram estimativas de coeficientes de correlação fenotípicos, genotípicos e residuais e avaliaram os desdobramentos das correlações genóticas em efeitos diretos e indiretos das variáveis altura média das plantas, diâmetro médio do colmo e número de perfilhos por metro linear na produção de matéria seca de genótipos de capim elefante. Concluíram que a altura das plantas exerce influência na produção de matéria seca principalmente nas situações de genótipos de alta capacidade de perfilhamento.

3.2.3 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.3.1. Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na área de convênio do Centro Estadual de Pesquisas em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos, da Pesagro-Rio, em Campos dos Goytacazes, com a Universidade Estadual do Norte Fluminense

Darcy Ribeiro (UENF), na região Norte Fluminense, localizada a 21° 19' 23" de latitude sul e 41° 19' 40" de longitude oeste, com altitude variando de 20 a 30 m. O clima nesta região é classificado como do tipo Aw de Köppen, tropical quente e úmido e precipitação anual em torno de 1.152 mm (Köppen 1948). A Tabela 1 mostra a precipitação pluviométrica mensal, verificada durante o período experimental, obtida na Estação Evapotranspirométrica – setor de Irrigação e Agrometeorologia da UENF/PESAGRO (Campos dos Goytacazes – RJ). O solo é classificado como Latossolo Amarelo com pH 5,5; fósforo (mg dm⁻³) 18; potássio (mg dm⁻³) 83; Ca (cmolc dm⁻³) 4,6; Mg (cmolc dm⁻³) 3,0; Al (cmolc dm⁻³) 0,1; H + Al (cmolc dm⁻³) 4,5; e C (%) 1,6.

3.2.3.2. Delineamento e genótipos avaliados

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com duas repetições, a parcela foi formada por uma linha de 5,5m com espaçamento de 2m, totalizando 11m². Cada repetição continha 73 genótipos de capim elefante provenientes do Banco Ativo de Germoplasma de Capim Elefante da UENF. Os ambientes foram constituídos por seis cortes, feitos em junho/2012, dezembro/2012, agosto/2013, fevereiro /2014, agosto/2014 e fevereiro /2015.

Tabela 1- Dados pluviométricos (mm) organizados em meses, coletados nas proximidades da área experimental durante a execução do trabalho.

	2012	2013	2014	2015
Jan	216,5	125,7	26,5	0,0
Fev	11,7	44,3	4	40,3
Mar	73,6	230,2	143,3	
Abr	14,4	103,2	113,1	
Mai	147,2	41,6	25,7	
Junh	74	8,7	30,8	
Jul	5,9	67,1	139,6	
Agos	59,8	57	14,2	
Set	21,6	45,2	8,1	
Out	12,5	26,4	17,7	
Nov	134	158,4	69,1	
Dez	2,9	289,4	32	
Total	774,1	1197,2	624,1	40,3

Fonte: Estação Evapotranspirométrica do Centro Estadual de Pesquisa em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos – Pesagro/Rio, Campos dos Goytacazes.

Na adubação de plantio, foram distribuídos em cada linha 60 g de superfosfato simples e, 50 dias após o plantio, foi feita 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 K₂O (óxido de potássio) por hectare. Esta adubação de cobertura também foi feita após cada um dos demais cortes de avaliação em consonância com os resultados da análise química do solo e recomendação para a cultura no Estado do Rio de Janeiro.

As características morfoagronômicas foram avaliadas em amostras da parte aérea das plantas. Em cada corte, foram avaliadas as características descritas a seguir:

- Produção de matéria seca total (PMS) em t ha⁻¹corte⁻¹. Logo após, foram retirados dois perfilhos, que foram colocados em saco de papel de 5 kg para secagem em estufa a 65 °C, por 72 horas, até peso constante (ASA – amostra seca ao ar). O material seco (folha e colmo) foi moído em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm e acondicionado em frasco de plástico. Em seguida, as amostras foram colocadas novamente para secar em estufa a 105 °C, por 12 horas (ASE - amostra seca em estufa).
- Número de perfilho (NP) por metro linear: a contagem foi feita em 1,0 m dentro das linhas, desprezando-se as extremidades decorrentes das falhas de brotação.
- Altura das plantas (ALT) em metros: medida do solo até a curvatura da última folha completamente expandida.
- Diâmetro do colmo (DC) em mm: medido a 10 cm do nível do solo, obtido por três medidas em cada repetição.
- Largura da lâmina (LL) em mm: medida com régua graduada, obtida por três medidas em cada repetição.
- Porcentagem de matéria seca (%MS): foi estimada pelo produto entre ASA e a ASE.

3.2.3.3. Análises estatísticas

Para a análise genético-estatística, foram utilizados os recursos computacionais do Programa GENES, versão 1.0 (Cruz, 2013).

Com respaldo nas variáveis mensuradas, foi feita a análise de variância com base na média das parcelas, considerando todos os efeitos aleatórios

(modelo aleatório), empregando o modelo genético-estatístico $Y_{ij} = \mu + g_i + b_j + \varepsilon_{ij}$, em que:

Y_{ij} = valor fenotípico da ij-ésima observação referente ao i-ésimo genótipo no j-ésimo bloco;

μ = constante geral da característica;

g_i = efeito do i-ésimo genótipo;

b_j = efeito do j-ésimo bloco; e

ε_{ij} = erro experimental médio.

No caso de plantas perenes, a análise de variância conjunta é feita com base no desempenho de algumas colheitas (cortes). O modelo estatístico, segundo Steel e Torrie (1996), é fornecido por $Y_{ijk} = \mu + G_i + B_j + \varepsilon_a + C_k + \varepsilon_b + GC_{ik} + \varepsilon_c$

em que:

Y_{ijk} = valor observado relativo ao i-ésimo genótipo no j-ésimo bloco, no k-ésimo corte;

μ = constante geral do ensaio;

G_i = efeito aleatório do i-ésimo genótipo;

B_j = efeito do j-ésimo bloco;

ε_a = efeito do erro a associado ao i-ésimo genótipo no j-ésimo bloco;

C_k = efeito aleatório do k-ésimo corte;

ε_b = efeito do erro b associado ao j-ésimo bloco no k-ésimo corte;

GC_{ik} = efeito da interação do i-ésimo genótipo com o k-ésimo corte; e

ε_{ijk} = efeito do erro c associado ao i-ésimo genótipo no j-ésimo bloco, no k-ésimo corte;

3.2.3.4 Correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais

Os estimadores dos coeficientes de correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente são obtidos pelas expressões abaixo, segundo Johanson et al. (1955), Miller et al. (1958) e Singh e Chandhury (1985):

a) Correlações fenotípicas:

$$r_f = PMG_{XY} / \sqrt{QMG_X QMG_Y}$$

b) Correlações genóticas:

$$r_g = \frac{PMG_{XY} - PMR_{XY}/r}{\sqrt{\hat{\phi}_{g(x)}\hat{\phi}_{g(y)}}} = \hat{\phi}_{g(xy)} / \sqrt{\hat{\phi}_{g(x)}\hat{\phi}_{g(y)}}$$

c) Correlações de ambiente:

$$r_a = PMR_{XY} / \sqrt{QMR_X QMR_Y}$$

em que:

PMG_{XY} : produto médio dos desvios entre os genótipos para os caracteres X e Y;

PMR_{XY} : produto médio dos desvios entre os resíduos para os caracteres X e Y;

QMG_X : quadrado médio dos desvios entre os genótipos para o caráter X;

QMG_Y : quadrado médio dos desvios entre os genótipos para o caráter Y;

QMR_X : quadrado médio dos desvios entre os resíduos para o caráter X; e

QMR_Y : quadrado médio dos desvios entre os resíduos para o caráter Y.

$\hat{\phi}_{g(y)}$: estimador de covariância genotípica.

$$\hat{\phi}_{g(x)}: QMG_x - QMR_x/r$$

$$\hat{\phi}_{g(y)}: QMG_y - QMR_y/r$$

em que $\hat{\phi}_{g(x)}$ e $\hat{\phi}_{g(y)}$ são estimadores dos componentes quadráticos associados às variabilidades genóticas para os caracteres X e Y, respectivamente.

Foi feito o diagnóstico de multicolinearidade envolvendo as seis variáveis. Os resultados da análise de trilha foram interpretados conforme indicado por Singh e Chandhury (1985), em que: i) coeficientes de correlação e altos efeitos diretos (coeficientes de trilha) altos indicam que essas variáveis independentes explicam grande parte da variação da variável básica e ii) coeficientes de correlação positivos (ou negativos), mas com efeito direto de sinal diferente ou negligenciável, indicam que as variáveis com maiores efeitos indiretos devem ser consideradas simultaneamente para explicar a variação da variável básica.

3.2.3.5 Herdabilidade no sentido Amplo (h_g^2)

A herdabilidade no sentido amplo é definida como o coeficiente de determinação entre a variação do valor genotípico (V_g) e a variável do valor fenotípico (V_f).

$$h^2_g = V_g/V_f$$

3.2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os efeitos de genótipos e cortes foram significativos ($P < 0,05$ e $P < 0,01$), Tabela 2, para todas as características. Tal resultado indica a existência de variabilidade genética, o que possibilita a identificação de genótipos mais promissores, os quais podem ser utilizados em programas de melhoramento. A interação genótipos x cortes foi significativa para todas as variáveis ($P < 0,05$), mostrando que a resposta dos genótipos diferiu em relação aos diferentes cortes. Segundo Oliveira et al. (2011), tal fato indica uma grande heterogeneidade de condições ambientais e, além disso, o desempenho irregular dos genótipos ao longo dos cortes, acarretando ocorrência de interação genótipos x cortes.

Isso pode ser explicado pelo fato de as avaliações terem sido feitas num longo período (junho de 2012 a fevereiro 2015), ocorrendo diferenças climáticas entre elas, como períodos de maior e menor precipitação (Tabela 1).

O coeficiente de variação experimental no qual foram alocados os genótipos e que serve de parâmetro para verificar a precisão experimental da variação genética variou de 11,57% para diâmetro de colmo até 39,68 % para produção de matéria seca. Apesar do alto CV (%) para PMS, ainda foram observadas diferenças significativas ($P < 0,01$) para genótipo, cortes e interação genótipos x cortes (Tabela 2). Em Rossi et al. (2014), os CVs para genótipos de capim elefante em dois cortes foram menores, variando de 10,26% a 22,96%.

As estimativas do valor máximo da herdabilidade, Tabela 2, foram consideradas de magnitude satisfatória para as características largura da lâmina (85,73), diâmetro de colmo (85,31) e número de perfilhos (85,34), o que torna viável a seleção de genótipos superiores. O conhecimento do valor máximo da herdabilidade, no caso de culturas perenes como o capim elefante, é fundamental, pois é grande o intervalo de tempo que vai do início da experimentação, passando pelas avaliações feitas por medições sucessivas no

mesmo indivíduo, até a seleção de genótipos promissores para uso na forma de bioenergia (Shimoya et al., 2002)

Tabela 2-Resumo da análise de variância conjunta para produção de matéria seca (PMS), porcentagem de matéria seca (%MS), número de perfilhos (NP), altura de plantas (NP), Diâmetro de colmo (DC) e Largura de lâmina(LL).

Fontes de Variação	GL	PMS	%MS	NP	ALT	DC	LL
Bloco	1	199,21	238,04	46,7	3,16	5,02	44,99
Genótipo	72	112,15**	48,57**	1541,58**	0,50**	25,71**	271,89**
Erro A	72	41,33	13,03	175,22	0,09	2,55	28,84
Corte	5	2843,24**	1365,09**	4066,06*	53,05**	503,56**	2171,97**
Erro B	5	50,14	142,3	935	0,51	7,46	37,75
Genótipo X Corte	360	37,9**	20,48**	177,26**	0,09**	4,00**	21,65**
Erro C	-	26,2	14,39	126,53	0,05	2,79	11,71
Herdabilidade média		52,7	60,63	85,34	72,03	85,31	85,73
Média		16,2	31,07	40,6	2,59	13,82	31,18
CV(%)		39,68	11,61	32,55	12,02	11,57	17,21

**Significativo a 1% e * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

A Tabela 3 mostra os valores das correlações genotípicas, fenotípicas e ambientais entre os caracteres em estudo.

Considerando a significância das estimativas de correlações genotípicas, observa-se que, de um total de 15 estimativas obtidas, Tabela 3, apenas duas não diferiram de zero pelo teste t ($P > 0,05$). A existência de correlações significativas é indicativo da viabilidade da seleção indireta para a obtenção de ganhos no caráter ou nos caracteres de maior importância econômica (Cruz, et al., 2012).

A PMS apresentou correlações genotípicas e fenotípicas positivas e significativas, a 1% e 5% de probabilidade, com número de perfilhos, altura média da planta e diâmetro médio do colmo. A correlação genética entre produção de matéria seca com porcentagem de matéria seca e largura de lâmina não foi significativa, indicando que não houve relação entre estas variáveis.

Quando o objetivo da seleção for maior produção de matéria seca, devem ser selecionados genótipos com maior número de perfilhos, maior diâmetro do colmo e plantas altas. O melhoramento de capim elefante voltado para produção de biomassa busca genótipos com maior número de perfilhos e maior diâmetro e alta produção de matéria seca.

Cunha et al. (2011) estudaram a associação entre variáveis morfológicas e produtivas em genótipos de *Pennisetum* sp. e associaram plantas com maior produção de matéria seca a plantas com maior densidade de perfilhos basais, altura e menor número de folhas verdes por perfilho. Menezes et al. (2014) avaliaram correlações entre genótipos de capim elefante com dois cortes e as variáveis altura da planta, diâmetro do colmo e largura da lâmina foliar, tendo encontrado correlações genotípicas positivas e significativas com a produção de matéria seca. A altura da planta foi a que mais influenciou, direta e positivamente, a produção de matéria seca durante o segundo corte.

Tabela 3- Estimativas dos coeficientes de correlações fenotípicas (F), genotípicas (G) e ambientais (A), entre seis características avaliadas em 73 genótipos de capim elefante com base na média dos cortes.

	r	%MS	NP	ALT	DC	LL
PMS	F	0,24*	0,42**	0,51**	0,22*	0,07**
	G	0,19 ^{ns}	0,45**	0,58**	0,30*	0,02 ^{ns}
	A	0,87**	-0,60**	0,38**	-0,33*	0,53**
%MS	F		0,53**	0,25*	-0,44**	-0,28*
	G		0,69**	-0,36**	-0,55**	-0,31**
	A		-0,89**	0,76**	-0,09 ^{ns}	0,18 ^{ns}
NP	F			-0,27*	-0,66**	-0,61**
	G			-0,39**	-0,74**	-0,70**
	A			-0,83**	-0,20 ^{ns}	0,28*
ALT	F				0,56**	0,36**
	G				0,65**	0,42**
	A				0,01 ^{ns}	-0,16 ^{ns}
DC	F					0,75**
	G					0,80**
	A					-0,77**

Produção de matéria seca (PMS), porcentagem de matéria seca (MS%), número de perfilhos (NP), altura de plantas (ALT), Diâmetro de colmo (DC) e Largura de lâmina (LL). ^{ns} não significativo, **Significativo a 1% e * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

A porcentagem de matéria seca apresentou correlações genotípicas e fenotípicas positivas e significativas com número de perfilhos e correlações significativas e negativas com altura média, diâmetro do colmo e largura de lâmina.

A correlação genotípica entre as variáveis NP e DC foi significativa e negativa. Segundo Menezes et al. (2014), os genótipos de capim elefante que

produziram maior NP tenderam a apresentar menor diâmetro do colmo e vice-versa, devido à competição por luz e água, ou seja, plantios mais densos (maior perfilhamento) resultam em plantas maiores, com menor PMS e DC.

As variáveis ALT, DC e LL foram significativas e positivamente correlacionadas genotipicamente com a PMS. Ao selecionar genótipos de maiores ALT, DC e LL, são selecionados, diretamente, genótipos para maior produção de matéria seca. Quando há correlação significativa entre dois caracteres, é possível obter ganho em um deles por meio da seleção indireta do outro. Isso é vantajoso, principalmente, quando um caráter de elevado valor econômico tem baixa herdabilidade e/ou difícil avaliação, quando comparado a outro caráter que está associado a ele. Dessa forma, a seleção é feita no caráter que apresenta alta herdabilidade e/ou fácil avaliação, visando a melhorar o outro (Rossi et al., 2014).

Quando se deseja selecionar genótipos com maiores PMS, alta herdabilidade, caso do capim elefante, para a produção de biomassa energética, pode-se selecionar indiretamente por meio das variáveis NP ($h^2=85,34$) e DC ($h^2=85,3$).

Nas situações em que dois caracteres são influenciados pelas mesmas diferenças de condições ambientais, observa-se que valores negativos de correlação ambiental indicam que o ambiente favorece um caráter em detrimento de outro, e valores positivos indicam que os dois caracteres são beneficiados ou prejudicados pelas mesmas causas de variação ambientais (Cruz et al., 2012). De um modo geral, não houve predomínio de estimativas de valores positivos e negativos, antevendo um relacionamento complexo em função de favorecimentos e/ou desfavorecimentos das condições de ambiente.

Em alguns casos, a correlação ambiental foi maior que suas respectivas correlações genotípicas e fenotípicas, indicando que a expressão dos caracteres nesses casos teve maior influência do ambiente do que do genótipo. É o caso das correlações de produção da matéria seca com porcentagem da matéria seca e largura de lâmina, que apresentaram correlações ambientais positivas; enquanto as correlações ambientais de porcentagem da matéria seca com número de perfilho e altura média de planta foram negativas e positivas, respectivamente. Segundo Falconer (1997), estas diferenças em sinal envolvendo correlações genotípicas e de ambiente indicam que as causas de

variação genética influenciam as variáveis de formas diferentes da causa de variação ambiental.

Tabela 4. Análise de trilha: desdobramento das correlações genóticas em componentes de efeito direto e indireto envolvendo a variável dependente principal PMS (produção de matéria seca, em Mg ha⁻¹) e as variáveis independentes explicativas %MS, ALT, NP, DC e LL, avaliadas em seis cortes em 73 genótipos de capim elefante.

Variável	Estimativa de correlação	Total
%MS		
Efeito direto sobre PMS	-0,08	
Efeito indireto do NP	1,00	
Efeito indireto do ALT	-0,15	
Efeito indireto do DC	-0,60	
Efeito indireto do LL	0,02	
		0,19
NP		
Efeito direto sobre PMS	1,44	
Efeito indireto do %MS	-0,05	
Efeito indireto do ALT	-0,16	
Efeito indireto do DC	-0,81	
Efeito indireto do LL	0,04	
		0,45
ALT		
Efeito direto sobre PMS	0,42	
Efeito indireto do %MS	0,03	
Efeito indireto do NP	-0,56	
Efeito indireto do DC	0,71	
Efeito indireto do LL	-0,02	
		0,58
DC		
Efeito direto sobre PMS	1,10	
Efeito indireto do %MS	0,04	
Efeito indireto do NP	-1,07	
Efeito indireto do ALT	0,27	
Efeito indireto do LL	-0,04	
		0,30
LL		
Efeito direto sobre PMS	-0,05	
Efeito indireto do %MS	0,02	
Efeito indireto do NP	-1,01	
Efeito indireto do ALT	0,18	
Efeito indireto do DC	0,88	
		0,02
Coeficiente de determinação (R ²)	1,21	

%MS- Porcentagem de matéria seca; ALT – Altura média das plantas; DP - Diâmetro médio do colmo; NP - Número de perfilhos por metro linear; PMS- Produção de matéria seca.

A Tabela 4 mostra as estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis independentes explicativas %MS, ALT, DP e NP sobre a produção de matéria seca, nos seis cortes avaliados.

Para que os resultados da análise de trilha sejam fidedignos, é importante verificar o grau de multicolinearidade entre as variáveis explicativas (Cruz e Carneiro, 2014). Segundo Toebe e Cargnelutti Filho (2013), quanto menor o grau de multicolinearidade, maior é o coeficiente de determinação e menor o efeito da variável residual e, com isto, maior poder preditivo da análise de trilha. O modelo explicativo adotado foi mais eficiente em expressar a relação causa e efeito entre as variáveis explicativas e a PMS, pois o coeficiente de determinação (R^2) foi de 1,21(Tabela 4).

Considerando os efeitos diretos sobre o PMS, incluídos na Tabela 4, o NP (1,44) tem o maior efeito e a maior correlação total, indicando grande contribuição para o aumento do PMS, superando o DC, que também apresentou efeito direto elevado (1,10), e ALT (0,42) foi o caráter que apresentou o menor efeito. Esses resultados podem, em parte, ser explicados pelas correlações genóticas positivas e significativas entre as variáveis e PMS (Tabela 3). Ao selecionar genótipos de maiores NP, ALT e DC, são selecionados, diretamente, clones para maior produção de matéria seca. As variáveis %MS e LL também influenciaram diretamente a característica PMS, mas negativamente.

A altura das plantas, apesar dos elevados valores de correlação genotípica com a produção de matéria seca nos cortes avaliados, apresentou baixos valores de efeitos diretos (0,42), o que reduz sua importância em relação às variáveis LL, %MS e NP. Verifica-se que o efeito indireto de ALT via DC foi mais importante que o próprio efeito direto sobre a produção de matéria seca. A alta correlação genotípica entre ALT e DC (0,65), Tabela 3, é confirmada pela interação verificada por meio do efeito indireto de ALT via DC sobre a variável básica PMS (Tabela 4).

Em referência aos efeitos indiretos, a %MS influenciou positivamente, via NP e LL, a variável PMS, Tabela 4, ou seja, quando se deseja aumento da PMS, caso do capim elefante para produção de biomassa energética, podem ser selecionadas plantas de maiores NP e LL, pois ocorrerá aumento da %MS e, com isto, maior PMS.

O efeito direto da LL sobre a PMS foi negativo, enquanto os efeitos

indiretos das demais variáveis (via LL) foram positivos, exceto NP, embora não tenham sido altos. Os resultados da análise de trilha mostram que quanto mais larga a folha, menor a PMS em capim elefante (Tabela 4). Indiretamente, quanto maiores a ALT e o DC, menor será a LL e, assim, maiores valores de PMS serão obtidos.

3.2.5. CONCLUSÕES

Em relação às correlações genéticas envolvendo a produção de matéria seca para o melhoramento de capim elefante e considerando os genótipos estudados, foi verificado que essa variável está correlacionada positiva e diretamente com número de perfilhos, altura de plantas e diâmetro do colmo.

A variável número de perfilhos foi capaz de explicar melhor o potencial de produção de matéria seca, atuando, respectivamente, de forma direta e inversamente proporcional sobre essa variável básica.

A altura das plantas, apesar dos elevados valores de correlação genotípica com a produção de matéria seca nos cortes avaliados, apresentou baixos valores de efeitos diretos

Quando o objetivo for selecionar plantas com alta porcentagem de matéria seca, devem ser selecionados genótipos com menor diâmetro do colmo, altura de plantas, largura da lâmina e maior número de perfilhos.

O componente ambiental exerceu maior influência sobre os relacionamentos envolvendo tanto o número de perfilhos quanto ao diâmetro do colmo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Annicchiarico, P. (1977) Cultivar adaptation and recommendation from alfafa trials in Northern Italy. *Journal of Genetics and Plant Breeding*. 46 : 269-278.
- Azevedo, A. L. S.; Costa, P.P.; Machado, J. C.; Machado, M. A.; Pereira, A.V.; Lédo, F. J. S. (2012) Cross Species Amplification of *Pennisetum glaucum* Microsatellite Markers in *Pennisetum purpureum* and Genetic Diversity of Napier Grass Accessions. *Crop Science*, 52: 341-350
- Bennet, H. W. (1976) Pasto Johnson, pasto alfombra y otras gramíneas para el sur humedo de los Estados Unidos. In: Hugues, H.D.; Heath, M.E.; Metcalfe, D.S., eds. *Forrajes*. México, C.E.C.S.A., Cap. 29. p.321-34.
- Bogdan, A.V. (1977) Tropical pasture and fodder plants (Grasses and legumes). London, Longman, p. 233-241.
- Brunken, J.N. (1977) A systematic study of *Pennisetum* Sect. *Pennisetum* (Gramineae). *American Journal of Botany*, 64 (2)161-176.
- Costa, N. H. A. D.; Seraphin, J. C.; Zimmermann, F. J. P.(2002) Novo método de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37 (3): 243-249.

- Cruz, C. D. (2013) GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum. Agronomy* , 35 (3); 271-276.
- Cruz, C. D.; Regazzi, A.J.; Carneiro, P.C.S. (2012). *Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético*. In: editora, UFV(Ed). Viçosa, pp 377-432.
- Cruz, C.D.; Carneiro, P.C.S. (2014). *Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético*. In: editora, UFV(Ed). Viçosa, pp377-432.
- Cunha, M. V. da; Lira, M. de A.; Santos, M. V. F. dos; Dubeux Júnior, J. C. B.; Mello, A. C. L. de; Freitas, E. V. de. (2013). Adaptabilidade e estabilidade da produção de forragem por meio de diferentes metodologias na seleção de genótipos de *Pennisetum* spp. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. 8 (4): 681-686.
- Cunha, M. V.; Lira, M. A.; Santos, M. V. F.; Freitas, E. V.; Dubeux Junior, J. C. B.; Mello, A. C. L.; Martins, K. G. R. (2011) Association between the morphological and productive characteristics in the selection of elephant grass genotype *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(3):482-488.
- Daher, R. F.; Maldonado, H.; Pereira, A. V.(2004) Estimativas de parâmetros genéticos e de coeficientes de repetibilidade de caracteres forrageiros em genótipos de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Acta Scientiarum* 26 :483-490.
- Daher, R.F.; Pereira, M. G. ; Amaral, J.R. A. T.; Pereira, A. V.; Lédo, F. J. S.; Daros, M. (2003). Estabilidade da produção forrageira em genótipos de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Ciência Agrotecnologia*; 27(4): 788-797.
- Das, M.K.; Taliaferro, C.M. (2009) Genetic variability and interrelationships of seed yield and yield components in switchgrass. *Euphytica* 167: 95-105
- Deresz, F. (2001) Produção de leite de vacas mestiças Holandês x Zebu em pastagem de capim elefante, manejadas em sistema rotativo com e sem

suplementação durante a época das chuvas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30 (1): 197-204.

Dewey, D. R.; Lu, K. H. (1959) A correlation and path coefficient analysis of component of crested wheat grass seed production. *Agronomy Journal*, madison 51: (9) 515-518.

Falconer, D. S.; Mackay, T. F. C. (1997) *Introduction to quantitative genetics*. Edinburgh: Longman. 464 p.

Fan, X.; Kang, M.S.; Chen, H.; Zhang, Y.; Tan, J.; Xu, C. (2007). Yield stability of maize hybrids evaluated in multi-environment trials in Yunnan, China. *Agron. J.*, 99: 220-228.

Fehr, W.R. (1987) *Principles of cultivar development*. New York: Macmillan Publishing Company. 536p.

Ferrão, R. G.; Cruz, C. D.; Ferreira, A.; Cecon, P. R.; Ferrão, M. A. G.; Fonseca, A. F. A. da; Giannotti, J.D.G.; Packer, I.U.; Mercadante, M.E.Z.; Lima, C.G. de(2005). Análise de agrupamento para implementação da meta-análise em estimativas de herdabilidade para características de crescimento em bovinos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia* 34: (4) 1165-1172.

Flores, R. A.; Urquiaga, S. S.; Alves, B. J. R.; Collier, L. S.; Morais, R. F.; Prado, R. M. (2012). Adubação nitrogenada e idade de corte na produção de matéria seca do capim elefante no Cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 16 :1282-1288.

Flores, R. A.; Urquiaga, S. S.; Alves, B. J.R.; Collier, L.S.; Boddey, R.M. (2013). Yield and quality of elephant grass biomass produced in the Cerrados region for bioenergy. *Engenharia Agrícola* 32: 831-839.

Granato, L.O. (1924) *Capim elefante (Pennisetum purpureum Schum.)*, São Paulo, Secretaria de Agricultura, 56p.

Goldemberg, J. (2009) Biomassa e energia. *Quim. Nova*, 32: 582-587

Hühn, M. (1990) Nonparametric measures of phenotypic stability. Part I: theory. *Euphytica*, 47: 195-201.

- Instituto Hórus de Conservação e desenvolvimento ambiental www.institutohorus.org.br. Disponível em 23 de Setembro de 2005- Acesso em: 20 de janeiro de 2015.
- Johnson, H.W.; Robinson HF; Comstock, R.E. (1955). Estimates of genetic and environmental variability in soybeans. *Agronomy Journal* 47:314-318.
- Kang, M. S.; Phan, H. N.(1991) Simultaneous selection for high yielding and stable crop genotypes. *Agronomy Journal*, 83: 161-165.
- Kollet, J.L.; Diogo, J.M.S.; Leite, G.G.(2006) Rendimento forrageiro e composição bromatológica de variedades de milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. BR.). *Revista Brasileira de Zootecnia* 35: (4)1308-1315.
- Lima, R. S. N.; Daher, R. F.; Gonçalves, L.S.A.; Rossi, D. A.; Amaral Junior, A. T. do; Pereira, M.G.; Léo, F. J. S. (2011) Estimativa da diversidade genética entre genótipos de capim elefante (*P. purpureum* Schum) baseada em marcadores de DNA (RAPD e ISSR). *Genetics and molecular research*, 10 (3): 1304-1311.
- Lin, C. S.; Binns, M. R. (1988). A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Canadian Journal of Plant Science*, 68 (1) 193-198.
- Menezes, B.R.F.; Daher, R.F.; Gravina, G.A.; Amaral Junior, A.T.; Oliveira, A.V.; Schneider, L.S.A.; Silva, V.B. (2014) Correlações e análise de trilha em capim elefante para fins energéticos. *Revista Brasileira Ciência Agrária*, Recife 9: (3)465-470.
- Miller, P.A.; Williams, J.C.; Comstock, H.F. (1958). Estimation of genetic and environmental variance in upland cotton and their implications in selection. *Agronomy Journal* 50:126-131
- Morais, R.F.; Souza, B.J.; Leite J.M.; Soares, L.H.B.; Alves, B.J.R.; Boddey, R.M.; Urquiagas, S. (2009). Elephant grass genotypes for bioenergy production by direct biomass combustion. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 44(2): 133-144.
- Murakami, D.M.; Cardoso, A.M.; Cruz, C.D.; Bizão, N. (2004). Considerações sobre duas metodologias de análise de estabilidade. *Ciência Rural* 34: 71-78.

- Nascimento, I. S.; Monks, P. L.; Silva, J. B. (2008) Efeito de cortes outonais e hibernais sobre o desempenho produtivo do capim elefante cv. Cameroon *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 3: (2) 191-196.
- Oliveira, A. V. de; Daher, R. F.; Menezes, B. R. da S.; Gravina, G. de 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 Indústria animal*,70: 119-131.
- 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* 9: (36) 2743-2758.
- Oliveira, T.N.; Santos, M.V.F.; Lira, M.A.; Mello, A.C.L.; Cunha, M.V.; Freitas, E.V.; e Ferreira, R.L.C. (2011) Estabilidade e Adaptabilidade de genótipos de *Pennisetum* sp. Sob Pastejo. Mancha Ocular. *Revista Zootecnia*. 60: (231)725-732.
- Osava, M. (2007) Capim elefante, novo campeão em biomassa no Brasil. Agrosoft Brasil. Disponível em: www.agrosoft.org.br/?q=node/26484. Acessado em: 12/06/2015.
- Peluzio, J. M.; Fidelis, R. R.; Giongo, P. R.; Cardoso, J. ; Capellar, D.; Barros, H. B. (2010). Análise de regressão e componentes principais para estudo da adaptabilidade e estabilidade em soja. *Scientia Agraria* (9) 455-462.
- Pereira, A. V.; Daher ,R. F.; Pereira, M. G.; Lédo, F . J. S.; Souza Sobrinho, F.; Amaral Junior , A. T.; Freitas, V. P.; Pereira, T. N. S.; Ferreira, C. F (2008) Análise de cruzamentos dialélicos entre capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.). 1. Características morfoagronômicas. *Acta Scientia. Agronomica*. 28: (2) 267-275.
- Pimentel-Gomes, F.; Garcia, C.H. Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações pra uso de aplicativos. Piracicaba: Fealq, 2002. 309p.

- Pimentel, D.; Patzek, T. (2005) Ethanol production using corn, switchgrass, and wood; biodiesel production using soybean and sunflower. *Natural Resources Research*, 12: (1)2637-645.
- Plaisted, R. L.; Peterson, L. C. (1959) A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations and seasons. *American Potato Journal*, 36: 381-385.
- Quesada, D. B. (2005) Parâmetros quantitativos e qualitativos de diferentes genótipos de capim elefante com potencial para uso energético. Tese (Doutorado em Agronomia) – Seropédica - RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, 76p.
- Ramalho, M. A. P.; Santos, J. B.; Pinto, C. A. B. P. (2008) *Genética na agropecuária*. Lavras: Ed. Universidade Federal de Lavras. 464 p.
- Rao, P.J.M.; Malathi, S.; Reddy, D.V.V.; Upender, M. (2013). Genetic Studies of Association and Path Coefficient Analysis of Yield and its Component Traits in Pigeon Pea(*Cajanus cajan* L. Millsp.) *International Journal of Scientific and Research Publications* 3: 231-235.
- 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.
- Scapim, C. A.; Pacheco, C. A. P.; Amaral Júnior, A. T.; Vieira, A.; Pinto, R. J. B.; Conrado, T. V.(2010) Correlations between the stability and adaptability statistics of popcorn cultivars. *Euphytica* , 174: 209-218.
- Severino, L. S.; Sakiyama, N. S.; Pereira, A. A.; Miranda, G. V.; Zambolim, L.; Barros, U. V.(2002) Eficiência dos descritores de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) na discriminação de linhagens de “Catimor”. *Acta Scientiarum* 24: (5) 1487-1492.
- Shimoya, A.; Cruz, C. D.; Ferreira, R. P.; Pereira, A. V.; Carneiro, P. C. S. (2002) Divergência genética entre acessos de um banco de germoplasma *Pesquisa Agropecuária*. Brasília 37: (7) 971 980.

- Silva, S. H. B.; Santos, M. V. F.; Lira, M. A.; Dubeux Junior, J. C. B.; Freitas, E. V.; Ferreira, R. L. C. (2009) Uso de descritores morfológicos e herdabilidade de caracteres em genótipos de capim elefante de porte baixo. *Revista Brasileira Zootecnia* 38 : (8) 1451-1459.
- Silva, V. Q. R.; Daher, R.F.; Gravina, G. A. de; Léo F.J. S. da; Tardin, F. D.; Souza M. C. de (2014). Capacidade combinatória de capim elefante com base em caracteres morfoagronômicos. *Boletim Indústria Animal* 7: (1) 63-70.
- Singh, R.K.; Chandhury, B.D. (1985). Biometrical methods in quantitative genetic analysis. Kalyni Publishers, New Delhi, India. 318pp
- Souza Sobrinho, F.; Pereira, A. V.; LEDO, F. J. S. et al. (2005) Avaliação agronômica de híbridos interespecíficos entre capim elefante e milheto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 40 (9) 873-880.
- Steel, R. G. D.; Torrie, J. H.(1996) *Principles and Procedures of Statistics: a Biometrical Approach. 2 th ed. New York McGraw-Hill Kogakusha.*
- Techio, V.H.; Davide, L.C.; Souza, T.M.; Pereira, A.V. (2008) Número cromossômico em acessos de *Pennisetum* spp. (Poaceae, Poales). *Acta Science Biology Science*, 30: 291-294.
- Teixeira Vitor, C. M.; Fonseca, D. M.; Cóser, A. C.; Martins, C. E.; Nascimento Júnior, D.; Ribeiro Júnior, J. I. (2009) Produção de matéria seca e valor nutritivo de pastagem de capim elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. *Revista Brasileira Zootecnia*, 38 (3): 435-442.
- Toebe, M.; Cargnelutti Filho, A. (2013). Não normalidade multivariada e multicolinearidade na análise de trilha em milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 48: 466-477.
- Valle, C. B; Jank, L; Resende, R. M.S. (2009). O melhoramento de forrageira tropicais no Brasil. *Revista Ceres* 56: (4) 460-472.
- Vencovsky, R.; Barriga, P. *Genética Biométrica no Fitomelhoramento*. Ribeirão Preto SP: SBG, 1992. 496p.
- Wricke G.(1965). *Zur Berechnung der Ökovalenz bei Sommerweizen und Hafer*. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung*, 52 (91) : 127-138.

Yasin, A.B., Singh, S. (2010) Correlation and path coefficient analyses in sunflower. *J of Plant Breed and Sci* 2: 129-133.

Yate, F.; Cochran, W. G.(1938) The analysis of groups of experiments. *Journal of Agricultural Sciencia*, 28: 556- 580.

Zanetti, J. B.; Morais, R. F.; Leite, J. M.; Soares, L. H.; Jantalia, C. P.; Alves, B. J. R.; Urquiaga, S; Boddey, R.M. (2009). Produção e Qualidade da Biomassa de Genótipos de Capim Elefante para uso como Fonte de Energia. *Revista Brasileira de Agroecologia* 4: 100–102.