

**AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO E DE CARACTERÍSTICAS  
MORFOAGRONÔMICAS E QUALIDADE DE BIOMASSA  
ENERGÉTICA DE 73 GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE  
EM CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ**

**ANDRÉ VICENTE DE OLIVEIRA**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE  
DARCY RIBEIRO  
CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
MARÇO – 2013**

**AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO E DE CARACTERÍSTICAS  
MORFOAGRONÔMICAS E QUALIDADE DE BIOMASSA  
ENERGÉTICA DE 73 GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE  
EM CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ**

**ANDRÉ VICENTE DE OLIVEIRA**

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 Produção Vegetal.

Orientador: Professor Rogério Figueiredo Daher

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
MARÇO – 2013

AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO E DE CARACTERÍSTICAS  
MORFOAGRONÔMICAS E QUALIDADE DE BIOMASSA  
ENERGÉTICA DE 73 GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE  
EM CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ

**ANDRÉ VICENTE DE OLIVEIRA**

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 Produção Vegetal.

Aprovada em 1º de março de 2013

Comissão Examinadora

---

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

---

Prof. Fábio Cunha Coelho (D.Sc. Fitotecnia) - UENF

---

Carlos Eugênio Martins (D.Sc. Solos e Nutrição de Plantas) - Embrapa

---

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

Dedico a D. Dilma e ao Sr. Nelson preto, meus pais,  
que fizeram de mim quem hoje sou.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus;

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) pela oportunidade de realização do Mestrado;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo apoio financeiro ao desenvolvimento do trabalho;

Ao Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora (CES-JF) pela minha formação em Ciências Biológicas;

A Embrapa Gado de Leite pelos ensinamentos adquiridos durante o período que passei como bolsista de Iniciação Científica;

Ao professor Rogério Figueiredo Daher pela orientação;

À minha família que sempre me apoiou;

Ao meu filho Hugo pelos sorrisos e abraços cheios de saudade;

A Thaynã pelo amor, carinho e apoio em todos os momentos;

Aos meus grandes amigos de Minas Gerais e aos que fiz na UENF;

A todos que de alguma forma, em algum momento de minha vida contribuíram para que eu chegasse até aqui.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 O CAPIM-ELEANTE .....	3
2.1.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS .....	3
2.1.2. MANEJO E PRODUTIVIDADE .....	4
2.1.3. QUALIDADE DA BIOMASSA .....	7
2.1.4. BANCO ATIVO DE GERMOPLASMA.....	8
2.1.5. MELHORAMENTO GENÉTICO.....	8
2.2. A PRODUÇÃO DE ENERGIA E A BIOMASSA .....	10
2.3. USO DO CAPIM-ELEFANTE NA PRODUÇÃO DE ENERGIA .....	12
3. TRABALHOS .....	20
3.1. AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE 73 GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE EM CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ .....	20
RESUMO .....	20
ABSTRACT .....	21
3.1.1. INTRODUÇÃO .....	21
3.1.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	25
3.1.3.1. AGRUPAMENTO DE MÉDIAS.....	25

3.1.3.2. AGRUPAMENTO DOS COEFICIENTES DE REGRESSÃO.....	31
3.1.4. CONCLUSÃO .....	35
3.2. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE BIOMASSA DE 73 GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE CULTIVADOS PARA FINS ENERGÉTICOS EM CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ.....	39
RESUMO .....	39
ABSTRACT .....	40
3.2.1. INTRODUÇÃO .....	41
3.2.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	42
3.2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	44
3.2.3.1. CARACTERÍSTICAS MORFOAGRONÔMICAS .....	44
3.2.3.2. QUALIDADE DE BIOMASSA.....	55
3.2.4. CONCLUSÃO .....	60

## RESUMO

OLIVEIRA, ANDRÉ VICENTE DE. Msc. - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Março de 2013. AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO E DE CARACTERÍSTICAS MORFOAGRONÔMICAS E QUALIDADE DE 73 GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE CULTIVADOS PARA FINS ENERGÉTICOS EM CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ. Orientador: Prof. Rogério Figueiredo Daher.

O município de Campos dos Goytacazes, situado na região norte do estado do Rio de Janeiro, é um dos maiores polos ceramistas do Brasil. São mais de 100 indústrias que geram aproximadamente 6.000 empregos diretos. Grande maioria destas empresas utiliza a queima de madeira (eucalipto) para geração de calor na fabricação de telhas e tijolos. O capim-elefante se apresenta como uma opção mais barata tanto financeira quanto ecologicamente, podendo substituir o eucalipto. Contudo, a espécie abriga grande variabilidade genética, o que torna necessária a realização de trabalhos na região em busca de identificar genótipos que se adaptem bem às condições climáticas locais e que possam ser usados com sucesso na geração de energia por combustão direta.

Em um primeiro trabalho avaliou-se o desenvolvimento inicial de 73 genótipos de capim-elefante em Campos dos Goytacazes - RJ. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos ao acaso, com duas repetições. Foram

efetuadas cinco avaliações com intervalos de quatro semanas, sendo que a primeira ocorreu oito semanas após o plantio. As características estudadas foram: altura de planta, número de perfilhos por metro linear e diâmetro do colmo. Com base nos valores médios das características avaliadas, os genótipos: BAGCE 2, Cubano Pinda, Vrukwna, BAGCE 51, Capim Cana D'África, Cuba-116, King Grass, Roxo Botucatu, Cameroon, BAGCE 69, IJ 7139, 02 AD IRI, BAG - 86 e BAG - 87 se destacaram dos demais. Baseado no coeficiente de regressão foi possível formar um grupo de genótipos com padrão de desenvolvimento próximo e com maior velocidade de estabelecimento da capineira. Um segundo trabalho foi realizado, nas mesmas condições experimentais e com os mesmos genótipos. Neste, avaliou-se em duas épocas distintas as características: altura, número de perfilhos por metro linear, diâmetro do colmo e produção de matéria seca sendo que para esta última foi avaliada também a produção anual com base no somatório das duas épocas de cultivo. Desenvolveu-se também a avaliação da qualidade da biomassa gerada por meio das variáveis %matéria seca, %celulose, %lignina, %cinzas e %fibras em detergente ácido. Foi possível constatar que todas as características morfológicas apresentaram diferença significativa entre os genótipos no primeiro corte possibilitando a formação de grupos distintos pelo teste de Scott-Knott. No segundo corte, apenas a variável altura, apresentou diferença segundo o mesmo teste ( $P < 0,05$ ). A produtividade de matéria seca possibilitou a separação dos 73 genótipos de capim-elefante em dois grupos, nos dois cortes e na avaliação de produção anual. A maioria dos genótipos apresentou redução na produtividade no segundo corte. Com a avaliação da qualidade da biomassa gerada foi possível verificar que a variável percentual de lignina apresentou diferença significativa entre os genótipos. Permitindo a separação destes, em dois grupos. As características: fibra em detergente ácido, celulose e cinzas não apresentaram diferença entre os genótipos avaliados.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, ANDRÉ VINCENTE DE. Msc. - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. March, 2013. EVALUATION OF DEVELOPMENT AND OF MORPHOAGRONOMIC CHARACTERISTICS AND QUALITY OF 73 GENOTYPES ELEPHANT GRASSES CULTIVATED ENERGY PURPOSES IN CAMPOS DOS GOYTACAZES–RJ. Advisor: Rogério Figueiredo Daher.

The municipality of Campos dos Goytacazes, located in the northern region of the State of Rio de Janeiro, is one of the largest centers of Brazil potters over 100 industries that generate approximately 6,000 direct jobs. Vast majority of these companies uses burning wood (eucalyptus) to generate heat in the manufacture of tiles and bricks. Elephant grass is presented as a cheaper option and less aggressive to the environment than the eucalyptus, which may replace it. However the species harbors great genetic variability which makes it necessary to perform work in the region in order to identify genotypes that adapt well to the local climate and can be successfully used in power generation by direct combustion. In the first study evaluated the initial development of 73 genotypes of elephant grass in Campos - RJ. The experiment was conducted in a randomized block design with two replications, five evaluations were performed at intervals of four weeks, the first of which occurred eight weeks after planting. The characteristics studied were: plant height, number of tillers per meter and stem diameter. Based on the average values of the characteristics evaluated genotypes: BAGCE 2, Cuban Pinda, Vrukwna, BAGCE 51, Capim Cana D'Africa, Cuba-116, King Grass, Purple

Botucatu, Cameroon, BAGCE 69, IJ 7139, 02 AD IRI , ABG - ABG and 86 - 87 stood out from the rest. Based on the regression coefficient was possible to form a group of genotypes with standard similar to development and faster establishment of capineira. A second study was carried out under the same experimental conditions and with the same genotype. This was assessed in two different seasons features height, number of tillers per meter, stem diameter, dry matter production and quality of biomass generated. Allowing note that all morphological characteristics showed significant differences between genotypes in the first cut allowing the formation of distinct groups by Scott-Knott. In the second cut just showed variable height difference under the same test. The dry matter yield enabled the separation of the 73 genotypes of elephant grass in two groups in both cutting and evaluation of annual production and most genotypes showed a decrease in productivity in the second cut. With the quality assessment of biomass generated was possible to verify that only the variable % lignin significantly different between genotypes.

## 1. INTRODUÇÃO

O cenário energético mundial vem ganhando cada vez mais atenção, pois a principal fonte de energia utilizada são os combustíveis de origem fóssil e estes apresentam problemas como a emissão de gases poluentes além de possivelmente não conseguirem acompanhar o crescimento da demanda futura (Pacheco, 2006). Tais fatos têm levado pesquisadores do mundo inteiro a buscar fontes energéticas que sejam alternativas a estes combustíveis. Atualmente existe grande investimento do setor público e privado para o desenvolvimento destas tecnologias, principalmente das instituições que almejam alcançar metas estipuladas pelo Protocolo de Kioto e Rio 21 (Silva e Weis, 2011). O Brasil possui condições climáticas e geográficas favoráveis à implantação de diferentes mecanismos de geração e uso de energias renováveis.

A utilização de biomassa vegetal na geração de energia é uma alternativa que se encaixa nos padrões de sustentabilidade. A madeira é largamente utilizada há décadas no Brasil para este fim. Em Campos dos Goytacazes, município situado na região Norte do Estado do Rio de Janeiro, a queima de madeira para geração de calor mantém funcionando um dos maiores polos ceramistas do país. Porém, a concorrência pela madeira por diversos setores e questões ambientais tem feito com que se pense em outras fontes de biomassa vegetal voltadas para produção de energia (Brito e Barrichelo, 1979; Pacheco, 2006; Ramos et al., 2006; Alexandre et al., 2007).

O capim-elefante é uma gramínea tropical de origem africana capaz de se adaptar às condições edafoclimáticas de quase todo o país. Por possuir

constituição morfológica muito parecida com a do bagaço de cana, que já é utilizado com sucesso na geração de energia, e alta produtividade, o capim-elefante tem despertado muito interesse no setor energético (Quesada et al., 2004; Ledo et al., 2003).

O potencial produtivo do capim-elefante, associado a outras características tem estimulado seu melhoramento genético (Souza Sobrinho et al., 2005a). Contudo, durante muito tempo o melhoramento da espécie buscou identificar e gerar cultivares visando à alimentação animal e frente à mudança na finalidade da produção, novas variedades precisam ser identificadas e ou desenvolvidas. É importante que a avaliação de genótipos seja regional e estacional, pois se verifica na espécie, interação entre genótipo e época/local de cultivo para várias características importantes (Freitas et al., 2000; Barbosa et al., 1995).

Diante do exposto o Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias (CCTA) da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) implantou um Banco Ativo de Germoplasma de Capim-elefante (BAGCE) nas dependências do Centro Estadual de Pesquisas em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos (PESAGRO - RIO) situado em Campos dos Goytacazes – RJ, com a finalidade de identificar materiais que melhor se adaptam às condições edafoclimáticas de Campos dos Goytacazes para produção de energia pela combustão direta de sua biomassa.

Assim, o presente estudo teve como objetivo:

- Avaliar o desenvolvimento dos genótipos durante a fase de implantação do BAGCE por meio de avaliações mensais de número de perfilhos por metro linear, altura de planta e diâmetro de colmo;
- Avaliar as características: número de perfilhos por metro linear, altura de planta e diâmetro de colmo na ocasião dos cortes;
- Avaliar produtividade e percentual de matéria seca;
- Avaliar qualidade da biomassa produzida, com base em teores de fibra em detergente ácido (FDA), lignina, celulose e cinzas.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O CAPIM-ELEANTE

#### 2.1.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS

O capim-elefante pertence à família Poaceae, subfamília Panicoideae, tribo Paniceae, gênero *Pennisetum* e 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 gramínea tipicamente tropical, perene, com elevado potencial de produção e capacidade de adaptar-se às condições climáticas predominantes em quase todo país (Bennet, 1976; Daher, et al., 2000; Freitas et al., 2004; Vitor et al., 2009; Cruz et al., 2010; Meinerz, et al., 2011).

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Shum.) é uma espécie cespitosa, que atinge 5 metros ou mais de altura, apresenta grandes panículas terminais com raque pubescente, espiguetas isoladas ou em grupos de 2 a 5. Os colmos podem chegar a 3 cm de espessura na base. Formam-se até 20 entrenós geralmente lisos de coloração amarelada às vezes com pigmentação avermelhada e nós entumecidos. As folhas com 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. Bainhas glabras ou ásperas e pilosas na face ventral (Instituto Horus, 2005).

O *P. purpureum* é uma espécie alógama, protogínica, de propagação vegetativa e por sementes, mas principalmente vegetativa, realizada por meio de pedaços de colmo. Mas, a maioria dos acessos apresenta sementes germináveis podendo apresentar variações em sua capacidade germinativa. Com base na época de floração, podem se verificar genótipos precoces, médios e tardios, além daqueles que não apresentam florescimento (Xavier et al., 1993).

O germoplasma desta espécie apresenta grande variabilidade para os principais caracteres de importância agrônômica (Shimoya, 2002; Pereira et al., 2008).

### 2.1.2. MANEJO E PRODUTIVIDADE

O cultivo de capim-elefante está amplamente difundido no Brasil, estando presente em condições ambientais bastante divergentes. Tal cultura está entre as espécies forrageiras de maior eficiência fotossintética. Por ser uma gramínea do tipo C4, possui taxa de fotossíntese líquida duas ou três vezes maior do que uma planta C3 sob as mesmas condições, o que resulta em elevada capacidade de produção de matéria seca. Além de ser especialmente adaptadas a altas intensidades luminosas, altas temperaturas e seca (Souza Sobrinho et al., 2005b; Raven et al., 2001).

O estabelecimento e desenvolvimento inicial de uma capineira são de suma importância para a produtividade e qualidade final da biomassa produzida. O plantio deve ser realizado no início das chuvas, afim de que as plantas tenham crescimento rápido ou em qualquer época, se a área for irrigada. Os métodos utilizados para o plantio de capim-elefante são bastante diversificados. Trabalhos de pesquisa têm mostrado que mudas provenientes de plantas a partir de 100 dias de idade apresentam maior porcentagem de brotação de gemas e maior número de perfilhos do que as provenientes de plantas mais novas (Italiano, 2004).

Viana e Pedreira (1973) avaliaram a eficiência da brotação de gemas de capim-elefante e verificaram que mudas plantadas durante os meses de novembro e fevereiro apresentaram maior percentual de brotamento, se comparadas às mudas plantadas em janeiro. Estes autores avaliaram também a capacidade de brotação de gemas em diferentes partes do colmo (base, meio e

topo) e concluíram que a base foi a porção que apresentou maior brotamento e o topo maior número de gemas mortas ou latentes.

Para fins energéticos o manejo do capim-elefante deve ser distinto do utilizado para nutrição animal, pois não mais interessa uma planta rica em proteína para a alimentação de bovinos, e sim que seja rica em fibras e lignina, de alta relação C:N, de elevada produção de matéria seca e de alto poder calorífico, para que a biomassa gerada seja de boa qualidade. Com intervalos maiores entre cortes, os valores percentuais de fibras em detergente ácido (FDA) e seus componentes aumentam, e se manejadas com cortes de seis em seis meses, as plantas de capim-elefante sempre apresentam valores de FDA acima de 50%, além do que, quanto maior o intervalo entre cortes, maior será o teor de lignina do capim-elefante (Azevedo, 2003; Quesada et al., 2004).

Flores (2009) avaliando a produtividade de *P. purpureum* para fins energéticos no cerrado em Gurupi-TO, concluiu que o corte realizado aos 180 dias após o plantio foi o mais indicado para alta produção de capim-elefante, uma vez que proporcionou maior acúmulo de biomassa com características desejáveis para o uso com finalidade energética.

Em geral, o aumento do intervalo de corte resulta em incremento na produção de massa seca (Queiroz Filho et al., 2000). Estes autores avaliando a produtividade e a qualidade do capim-elefante cultivar roxo em diferentes idades de corte (40-60-80-100 dias) verificaram que a produção de MS foi diretamente proporcional ao número de dias.

Estes fatos reforçam a ideia de que para fins energéticos devem ser adotados intervalos de corte maiores que os utilizados para nutrição animal. Quanto à resposta a adubação nitrogenada, o capim-elefante aumenta linearmente a produção até a dose de 700 kg/ha ano de N (Vitor et al., 2009). Todavia, altas doses de N são inviáveis para esta finalidade por onerar o custo de produção e acentuar características químicas indesejáveis para geração de energia por combustão direta.

Em muitas regiões, aproximadamente, 70 a 80% da produção do capim-elefante concentra-se na época das chuvas (Botrel et al., 2000; Deresz, 2001). Tal fato foi observado por Daher et al. (2000) ao introduzirem e avaliarem genótipos de *P. purpureum* em Campos dos Goytacazes - RJ. Estes autores constataram que em média 27% da produtividade se deu na época seca do ano. Por este

motivo deve-se atentar à produtividade, mas não se esquecer da estabilidade de produção dos genótipos, pois Daher et al. (2003) verificaram que os genótipos mais produtivos não necessariamente são os que apresentam maior estabilidade, o que pode gerar uma oscilação indesejada na produtividade.

A produção de matéria seca de capim-elefante varia de acordo com o genótipo, a época de cultivo, a disponibilidade de nutrientes e o tipo de solo, podendo atingir no período de seis meses de idade mais de 40 Mg ha<sup>-1</sup> de matéria seca (Morais et al., 2009; Zanetti, 2009; Flores 2012).

Segundo Dall'agnol et al. (2004) é interessante destacar que, apesar do expressivo volume de publicações sobre o capim-elefante no Brasil, poucos trabalhos têm focado a questão da persistência ou de diferenças anuais na produção, seja em função de seca, frio, adubações ou regimes de corte. Ao avaliarem a produção de forragem de capim-elefante sob clima frio, estes autores verificaram expressiva redução da produtividade e concluíram que é importante se considerar o efeito do clima sob a produção de tal gramínea. A época do ano influencia em variáveis morfogênicas, estruturais e no acúmulo de biomassa (Paciullo et al., 2003). Segundo Cóser et al. (2008), a irrigação aumenta a altura e a produção de matéria seca. Olivo et al. (2007) também concluíram que a produtividade de capim-elefante foi superior no verão, se comparada a produtividade no inverno. Barreto et al. (2001), trabalhando com clones de *P. purpureum* e um híbrido com milheto (*Pennisetum glaucum*), observaram que a altura das plantas e o número de internós por perfilho foram severamente reduzidos pelo estresse hídrico em todas as cultivares avaliadas, diagnosticando efeito inibitório do estresse hídrico sobre o alongamento do caule, a largura e o comprimento da lâmina foliar.

De acordo com Vitor et al. (2009) na época chuvosa, a irrigação durante os dias de estiagem, influencia positivamente a produção de matéria seca, entretanto não altera a estacionalidade de produção, pois durante o inverno o uso da irrigação não influencia na produtividade, provavelmente porque a baixa temperatura e luminosidade nesta época é mais limitante do que o fator água.

### 2.1.3. QUALIDADE DA BIOMASSA

Quando o propósito da produção de capim-elefante passa da alimentação animal para a produção energética por combustão, as características desejáveis também mudam e alterações no manejo podem ser refletidas como alterações na qualidade da biomassa obtida. Quando a madeira é submetida ao processo de combustão, seu rendimento energético depende de sua constituição química e dos teores de celulose, hemicelulose, lignina e outros compostos que influenciam na produção de tal energia (Quirino et al., 2005), provavelmente por alterarem o poder calorífico da biomassa vegetal, o mesmo efeito deve ser observado no capim-elefante.

Segundo Queiroz Filho et al. (2000), a porcentagem de folhas diminui e a de colmos aumenta, com o aumento do intervalo de corte, demonstraram ainda que com o aumento da idade, ocorreu redução linear para os teores de proteína bruta e conteúdo celular e acréscimo linear nos teores de fibra em detergente neutro e ácido. De acordo com Vilela (2009), o teor de fibra é frequentemente maior nos colmos que nas folhas, assim como lignina e celulose. Flores (2009) encontrou altos teores de fibra (acima de 50%) e o poder calorífico observado para o capim-elefante foi de  $4.100 \text{ kcal/kg}^{-1}$ , quando o corte foi realizado 180 dias após o plantio. Tais resultados concordam com os valores citados por Rocha et al. (2009) para poder calorífico do capim-elefante que segundo eles se encontra entre  $4.100 \text{ kcal/kg}^{-1}$  e  $4.500 \text{ kcal/kg}^{-1}$ , valores próximos ao de *Eucalyptus sp.*  $4.525 \text{ kcal/kg}^{-1}$  e superiores ao da casca de arroz e bagaço de cana,  $3.730 \text{ kcal/kg}^{-1}$  e  $3.700 \text{ kcal/kg}^{-1}$ , respectivamente (Quirino et al., 2005).

Para uso na produção de energia por combustão direta o capim deve ser menos nutritivo possível, o oposto do que se busca com a intenção de alimentar o gado. Isto se deve ao fato de que a presença de sais minerais gera cinzas que podem danificar os fornos (Rocha et al., 2009). Flores (2009) verificou altos teores de cinzas para capim-elefante, sugerindo que tal característica pode tornar inviável seu uso com fins energéticos, dependendo da tecnologia empregada para a geração de energia.

#### 2.1.4. BANCO ATIVO DE GERMOPLASMA

O capim-elefante é uma espécie exótica de grande importância no Brasil por apresentar versatilidade nas formas de utilização e adaptação às diferentes condições edafoclimáticas do país (Embrapa, 2013a), contudo o bom desempenho de uma planta forrageira depende de sua adaptação às condições de solo e clima onde será cultivada (Tcacenco e Botrel, 1994). Portanto, a estratégia mais adequada para avaliar e selecionar novos cultivares de capim-elefante adaptados aos diferentes ecossistemas do país é a realização de ensaios em diferentes condições edafoclimáticas. Assim, o uso da introdução como método de melhoramento de capim-elefante tem se mostrado eficiente para a identificação de genótipos com características desejáveis, sendo esta técnica de simples aplicação e com custos relativamente baixos, havendo ainda, a vantagem de se avaliar os genótipos nos ambientes onde serão utilizados (Ledo et al., 2003). Isto demonstra a importância da constituição e manutenção de bancos de germoplasma, visando garantir a disponibilidade da variabilidade genética necessária aos programas de melhoramento para subsidiar trabalhos que possam culminar na escolha de variedades mais interessantes para distintas regiões e ou formas de utilização, além de dotar o país da proteção contra a erosão genética de tal gramínea (Embrapa, 2013a).

A seleção de genitores para os programas de melhoramento e o manejo da variabilidade nos bancos de germoplasma depende da disponibilidade de informações precisas sobre o grau de divergência genética entre os acessos. Um dos maiores problemas relacionados com a caracterização dos materiais que compõem os bancos de germoplasma de capim-elefante é a identificação segura dos mesmos (Freitas et al., 2000). Dessa forma, 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).

#### 2.1.5. MELHORAMENTO GENÉTICO

O melhoramento genético das plantas forrageiras tem recebido maior atenção nos países desenvolvidos, logo, as espécies tropicais encontram-se em um estágio menos avançado, quando comparadas às espécies de clima

temperado. Até o momento, a introdução foi o método de melhoramento mais utilizado para forrageiras no Brasil. Método este que é rápido e simples, porém, existe a necessidade que o melhoramento seja também conduzido via recombinação genética do germoplasma existente. A partir da década de 80, com a intensificação da produção pecuária, foram iniciados alguns programas de melhoramento de capim-elefante, sendo o da Embrapa Gado de Leite um dos principais do país (Pereira e Ferreira, 1998).

A diversidade genética do capim-elefante no Brasil e em outros países é de alta magnitude nos níveis biométrico e molecular, podendo esta diversidade ser explorada por programas de melhoramento (Cavalcante e Lira, 2010). De acordo com Mazzarella (2011), devem ser realizadas pesquisas científicas para definir melhores variedades para cada área de plantio e obter melhorias genéticas objetivando maior produtividade, resistência à estiagem e a pragas como a cigarrinha, menor exigência em fertilizantes e desenvolvimento de cultivares precoces e tardias de certas variedades.

Martins et al. (2010) avaliaram alguns genótipos de capim-elefante do banco ativo de germoplasma da Embrapa Gado de Leite e verificaram a existência de variabilidade entre tais genótipos quanto a tolerância ao alumínio, influenciando em características que estão direta ou indiretamente ligadas à produtividade como: peso da matéria seca da parte aérea e raiz, altura da parte aérea e comprimento da raiz. Como no Brasil a maioria dos solos destinados à produção vegetal apresenta baixa fertilidade e problemas de acidez e toxidez por alumínio, a obtenção de cultivares melhoradas tolerantes a este elemento tóxico, tem sido considerada uma alternativa promissora.

É válido lembrar que os trabalhos de melhoramento genético de capim-elefante realizados até um passado recente visavam em sua totalidade, desenvolver e identificar variedades para alimentação animal, quer seja para utilização em pastejo ou capineiras. Entretanto, nos últimos anos pesquisas vêm sendo desenvolvidas para obtenção de materiais para utilização na produção de biomassa para fins energéticos.

Após dez anos de pesquisas, a Embrapa Agrobiologia, identificou três variedades (Gramafante, Cameroon Piracicaba, BAG 02) de capim-elefante com alta capacidade de produção de biomassa sem o uso de adubo nitrogenado. A produção destas variedades pode chegar a  $60 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}$ , o que é muito maior

do que a produtividade do eucalipto, fonte utilizada atualmente para geração de energia por combustão direta, mas que necessita de adubo nitrogenado (Embrapa, 2013b).

## 2.2. A PRODUÇÃO DE ENERGIA E A BIOMASSA

O mundo passa por um momento delicado no que se refere ao seu suprimento sustentável de energia, principalmente no que tange aos combustíveis fósseis (Couto et al., 2004), pois a utilização destes combustíveis e seus derivados contribui para o aumento do efeito estufa que ameaça o equilíbrio do clima do continente em função da grande quantidade de CO<sub>2</sub> liberada (Quesada et al., 2004). Além disto, o petróleo, principal combustível fóssil libera grande quantidade de óxidos de enxofre que promovem a chuva ácida, provocando corrosão de monumentos, além de acidificar as águas dos rios e causar morte de peixes (Rocha et al., 2009).

O possível declínio dos recursos petrolíferos, devido ao aumento do consumo, tem levado pesquisadores a buscarem novas formas de gerar energia para mover aviões, trens e automóveis, usando gordura de cozinha, caules de plantas, hidrogênio, luz do sol, entre outras fontes alternativas (Rocha et al., 2009).

Biomassa pode ser definida como a energia química produzida pelas plantas na forma de hidratos de carbono, produtos da fotossíntese, sendo que sua utilização como combustível pode ser feita na sua forma bruta ou através de seus derivados. 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 CO<sub>2</sub> na atmosfera. As plantas, pela fotossíntese, transformam o CO<sub>2</sub> e água nos hidratos de carbono, que compõem sua massa viva, liberando oxigênio. Desta forma, a utilização da biomassa, desde que não seja de maneira predatória, não altera a composição média da atmosfera ao longo do tempo (Goldemberg, 2009).

A madeira, os produtos e os resíduos agrícolas, os resíduos florestais, os excrementos animais, o carvão vegetal, o álcool, os óleos animais, os óleos vegetais, o gás pobre e o biogás são formas de biomassa utilizadas como combustível. Existem muitas tecnologias de conversão de biomassa em energia,

adequadas para aplicações em pequena ou grande escala, tais como gaseificação, métodos de produção de calor e eletricidade, recuperação de energia de resíduos sólidos urbanos e gás de aterros sanitários além dos biocombustíveis para o setor de transportes (Pacheco, 2006).

A queima de matéria orgânica vegetal para a produção de energia é uma alternativa que colabora com a não dependência da fonte fóssil, descentralizando a geração de energia, aumentando a oferta da mesma, reduzindo os odores e as toxinas lançadas no ar, contribuindo para a preservação do meio ambiente (Pecora et al., 2008). O Brasil apresenta condições necessárias ao processo natural de produção de biomassa para fins energéticos, incluindo características edafoclimáticas significativamente favoráveis e uma disponibilidade relativamente elevada de grandes áreas apropriadas ao cultivo de espécies vegetais (Couto et al., 2004).

Em Campos dos Goytacazes, município localizado na região norte do estado do Rio de Janeiro, a queima de madeira para geração de calor mantém funcionando um dos maiores polos ceramistas do país com mais de 100 indústrias que geram cerca de 6.000 empregos diretos (Alexandre et al., 2007; Ramos et al., 2006).

O uso da madeira para produção de energia é uma das práticas mais antigas da humanidade e despertou o interesse de pesquisadores na década de 1970, principalmente com a crise energética que assolava o mundo. Nesta ocasião a madeira foi considerada um recurso em potencial para o atendimento de grande parte das necessidades energéticas futuras (Brito e Barrichelo, 1979). Mas, a partir do final dos anos 1980 o uso da madeira para fins energéticos começou a apresentar dificuldades tanto por questões ambientais quanto pela concorrência de usos mais nobres, como a produção de pasta celulósica, uso no setor mobiliário e na construção civil (Azevedo, 2003).

A partir do ano 2000 esta tendência se reverteu e o consumo da madeira, principalmente pela indústria siderúrgica cresceu rapidamente atingindo, em apenas cinco anos, valores semelhantes aos dos anos 1980. Como o preço do carvão vegetal proveniente de mata nativa, varia entre 10 e 12% do preço do carvão produzido a partir das plantações de eucalipto, esta fonte de madeira é cada vez mais utilizada, provocando o aumento do efeito estufa como consequência do desmatamento florestal (Uhlig et al., 2008), fazendo com que

alternativas à madeira começassem a ser vistas com maior interesse, por motivos ambientais e econômicos.

### 2.3. USO DO CAPIM-ELEFANTE NA PRODUÇÃO DE ENERGIA

A necessidade de inovação para a substituição parcial e/ou total dos combustíveis de origem fóssil tem feito com que se busquem cada vez mais fontes alternativas. A utilização de biomassa para fins energéticos é renovável e menos poluente. E a utilização de gramíneas forrageiras tropicais é uma opção para a obtenção de biomassa para produção de energia (Jank et al., 2010; Jank et al., 2011).

Quanto maior for o crescimento da massa vegetal em um período curto de tempo, mais eficiente será o aproveitamento da energia solar pela planta. Neste sentido, as gramíneas forrageiras apresentam crescimento mais acelerado que outras fontes vegetais, como as lenhosas (Azevedo, 2003).

O Capim-elefante apresenta características desejáveis para utilização na produção de energia renovável, pois apresenta o colmo como uma parte fibrosa, mais dura, que forma a casca e uma medula com feixes vasculares também ricos em fibras. Sua estrutura morfológica é bastante semelhante à da cana-de-açúcar, (Quesada et al., 2004) que já é largamente utilizada como fonte de energia na indústria sucroalcooleira.

Diante destas características promissoras para uso como fonte de energia, iniciaram-se em setembro de 1998, estudos de aproveitamento do capim-elefante para diversos usos como energia, denominado – Programa Integrado de Biomassa (PIB), coordenado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo e financiado pela FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos (Azevedo, 2003).

Para saber a viabilidade de se produzir energia a partir de capim-elefante alguns atributos importantes devem ser analisados, como o teor de fibra, e de componentes ricos em carbono e com elevado poder calorífico, como lignina e celulose (Vilela, 2009).

A empresa Sykué Bioenergia Eletricidade implantou em 2010 no município baiano de São Desidério a primeira usina termelétrica do Brasil a

produzir eletricidade a partir da queima do capim-elefante. Com capacidade para gerar 30 Megawatts por hora, quantidade suficiente para atender a uma cidade de 30 mil habitantes (Bispo, 2010).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexandre, J., Alves, M.G., Ramos, I.S., Xavier, G.C. (2007) Panorama do Polo Cerâmico e do Município de Campos dos Goytacazes – RJ. Campos dos Goytacazes. CD-ROM.
- Azevedo, P. B. M. (2003). Aspectos econômicos da produção agrícola do capim-elefante. *Anais do Encontro de energia no meio rural*, Ano 3, Campinas-SP (Online) citado em 12 fevereiro de 2013, disponível em: <[http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022000000100032&script=sci\\_arttext](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022000000100032&script=sci_arttext)>.
- Barbosa, C. L., Monks, P. L., Centeno, G. A. (1995) Produção e qualidade da forragem do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cv. vruckwona submetido a diferentes épocas de diferimento e cortes. *Rev. Ciênc. Rural*. 25:115-119.
- Barreto, G. P., Lira, M. A., Santos, M. V. F., Dubeux Júnior, J. C. B. (2001) Avaliação de Clones de Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) e de um Híbrido com o Milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) Submetidos a Estresse Hídrico. 1. Parâmetros Morfológicos. *Rev. bras. zootec.* 30:1-6.
- 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. p. 321-334.
- Bispo, J. (2010) São Desidério é sede da primeira termelétrica do Brasil movida à biomassa. *Jornal de São Desidério*, São Desidério-Bahia, Edição zero, p. 03.
- Botrel, M. A., Pereira, A. V., Freitas, V. P., Xavier, D. F. (2000) Potencial forrageiro de novos clones de capim-elefante. *Rev. bras. zootec.* 29:334-340.

- Brito, J. O. E Barrichelo, L. E. G., (1979) *Usos diretos e propriedades da madeira para geração de energia*. Circular técnica n. 52. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestas.
- Brunken, J. (1977) Systematic survey of *Pennisetum* sect. *Pennisetum* (Graminae). *American Journal of Botany*. 64:161-176.
- Cavalcante, M., Lira, M. A. (2010) Variabilidade genética em *Pennisetum purpureum* schumacher . *Revista Caatinga*. 23:153-163.
- Cóser, A. C., Martins, C. E., Deresz, F., Freitas, A. F., Paciullo, D. S. C., Alencar, C. A. B., Vítor, C. M. T. (2008) Produção de forragem e valor nutritivo do capim-elefante, irrigado durante a época seca. *Pesq. agropec. bras.* 43:1625-1631.
- Couto, L. C., Couto, L, Watzlawick, L. F., Câmara, D. (2004) Vias de valorização energética da biomassa. *Biomassa e Energia*. 1:71-92.
- Cruz, R. S., Santos, A. C., Castro, J. G. D., Alexandrino, E., Caraça, D. C., Diniz, J. P., (2010) Produtividade do Capim-Cameroon estabelecida em duas classes de solos e submetido a doses crescentes de nitrogênio no norte tocantinense. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 32:393-399.
- Daher, R. F., Vázquez, H. M., Pereira, A. V., Fernandes, A. M. (2000) Introdução e avaliação de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) em Campos dos Goytacazes, RJ. *Rev. bras. zootec.* 29:1296-1301.
- Daher, R. F., Pereira, M. G., Amaral Júnior, A. T., Pereira, A. V., Lédo, F, J. S., Daros, M. (2003) Estabilidade da produção forrageira em clones de Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* schum.) *Ciênc. agrotec.* 27:788-797.
- Dall'agnol, M., Basso, S. M. S., Nascimento, J. A. L., Silveira, C. A. M., Fischer, R. G. (2004) Produção de forragem de capim-elefante sob clima frio: curva de crescimento e valor nutritivo. *R. Bras. Zootec.* 33: 1110-1117.
- Deresz, F. (2001) Produção de leite de vacas mestiças Holandes x Zebu em pastagem de capim-elefante, manejadas em sistema rotativo com e se suplementação durante a época das chuvas. *R. Bras. de Zootec*, 30:197-204.
- Embrapa (a) Recursos Genéticos, *PA-8- Banco ativo de Germoplasma de Capim-elefante* citado 12/02/2013 visualizado em: <http://plataformarg.cenargen.embrapa.br/pnrg/rede-vegetal/projetos-componentes/pc5-bancos-ativos-de-germoplasma-de-forrageiras/planos-de-acao/pa8-banco-ativo-de-germoplasma-de-capim-elefante>

- Embrapa (b) Agrobiologia. *Energia limpa Capim-elefante pode substituir o carvão mineral* citado 12/02/2013 visualizado em: [http://www.cnpab.embrapa.br/imprensa/pautas/pauta\\_capim\\_elefante.html](http://www.cnpab.embrapa.br/imprensa/pautas/pauta_capim_elefante.html)
- Flores, R. A. (2009) *Produção de capim-elefante (Pennisetum purpureum schum.) para fins energéticos no cerrado: resposta a adubação nitrogenada e idade de corte*. Tese (Mestrado em Agronomia) -Seropédica -RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-UFRRJ, 66p.
- Flores, R. A., Urquiaga, S. S., Alves, B. J. R., Collier, L. S. , Zanetti, J. B. , Prado, R. M. (2012) Nitrogênio e idade de corte na qualidade da biomassa de capim-elefante para fins agroenergético cultivado em Latossolo. *Semina: Ciências Agrárias (Online)*, 16:1282-1288.
- Freitas, N. S. A., Falcão, T. M. M. A., Burity, H. A., Tabosa J. N., Silva, M. V. (2000) Caracterização e diversidade genética do capim-elefante seus híbridos com milheto mediante padrões isoenzimáticos *Pesq. agropec. bras.*, 35:1125-1133.
- Freitas, E.V., Lira, M.A., Dubeux Jr., J.C.B. Santos, M. V. F., Mello, A. C. L., Tabosa, J. N., Farias, I. (2004) Características produtivas e qualitativas de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) avaliados sob pastejo na Zona da Mata de Pernambuco. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 26:251-257.
- Goldemberg, J. (2009) Biomassa e energia. *Quim. Nova*, 32:582-587.
- Instituto Hórus de Conservação e desenvolvimento ambiental citado 12/02/2013 visualizado em: [http://www.institutohorus.org.br/index.php?modulo=inf\\_ficha\\_pennisetum\\_purpureum](http://www.institutohorus.org.br/index.php?modulo=inf_ficha_pennisetum_purpureum)
- Italiano, E. C. (2004) *Recomendações para o Cultivo e Utilização do Capim-elefante*. Documentos 98 Embrapa, Teresina, PI.
- Jank, L., Costa, R. De A., Chiari, L., Resende, R. M. S., Valle, C. B. do. (2010) Potencial de utilização do banco ativo de germoplasma da forrageira *Panicum maximum* Jacq. como fonte de energia. *Anais do I Congresso Brasileiro de Recursos Genéticos*. Salvador, CDRom.
- Jank, L., Valle, C. B., Resende, R. M. S. (2011) Breeding tropical forages. *Crop Breeding and Applied Biothechnology*, S1:27-34.
- Ledo, F. J. S., Pereira, A. V., Souza Sobrinho, F., Botrel, M. A., Oliveira, J. S., Xavier, D. F., Italiano, E. C., Fernandes F. D., Peres, R. M., Leite, V. B. O., Almeida, E. X., Alencar, J. A., Dubeaux Júnior, J. C. B., Lima, G. F. C., Abreu, J. G. (2003) Seleção de clones de capim-elefante em diferentes regiões brasileiras. *Anais da 40ª reunião anual da SBZ*. Santa Maria-RS.

- Martins, C. E., Souza Sobrinho, F., Gomes, F. T., Rocha, W. S. D., Brighenti, A. M. (2010) Tolerância à toxidez por alumínio em capim-elefante. *Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia* (Online), 3:95-101.
- Mazzarella, V. (2011) Capim-elefante é aposta como alternativa de energia renovável. *Jornal da Cana*. São Paulo-SP. Entrevista concedida a Octaviana Carolina.
- Meinerz, G. R., Olivo, C. J., Agnolin, C. A., Dullius, A. P., Moraes, R. S., Mombach, G., Foletto, V., Machado, P. R. (2011) Produção e valor nutritivo da forragem de capim-elefante em dois sistemas de produção. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40:2673-2680.
- Morais, R. F. , Zanetti, J. B. , Pacheco, B. M. , Jantalia, C. P. , Boddey, R. M. , Alves, B. J. R. , Urquiaga, S. S. (2009) Produção e qualidade da biomassa de diferentes genótipos de capim-elefante cultivados para uso energético.. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 4:1103-1107.
- Olivo, C. J., Charão, P. S., Pereira, L. E. T., Ziech, M. F., Meinerz, G., Tyska, D. (2007) Produtividade e valor nutritivo de pasto de capim-elefante manejado sob princípios agroecológicos. *R. Bras. Zootec.*, 36 :1729-1735.
- Pacheco, F., (2006) Energias Renováveis: breves conceitos. *Conjuntura e Planejamento*, SEI:4-11
- Paciullo, D. S. C., Deresz, F., Aroeira, L. J. M., Morenz, M. J. F., Verneque, R. S. (2003) Morfogênese e acúmulo de biomassa foliar em pastagem de capim-elefante avaliada em diferentes épocas do ano. *Pesq. agropec. bras.*, 38: 881-887.
- Pecora, V., Figueiredo N. J. V., Coelho, S. T., Velázquez, S. M. S. G., (2008) Biogás e o mercado de créditos de carbono. *Rio Oil e Gas Expo and Conference*. Rio de Janeiro-RJ, p. 1-5.
- Pereira, A.V., Ferreira, R.P. (1998) *Genética e melhoramento do capim-elefante*. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 19:17-21.
- Pereira, A. V., Machado, M. A., Azevedo, A. L. S., Nascimento, S., Campos, A. L., Lédo, F. J. S. (2008) Diversidade genética entre acessos de capim-elefante obtida com marcadores moleculares. *R. Bras. Zootec.*, 37:1216-1221.
- Queiroz Filho, J. L., Silva, D. S., Nascimento, I. S. (2000) Produção de matéria seca e qualidade do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivar Roxo em diferentes idades de corte. *Rev. bras. zootec.*, 29:69-74.
- Quesada, D. M., Boddey, R. M., Reis, V. M., Urquiaga, S. (2004) *Parâmetros Qualitativos de Genótipos de Capim-elefante (Pennisetum purpureum*

*Schum.) estudados para a produção de energia através da Biomassa. Circular técnica Embrapa, Seropédica, RJ*

- Quirino, W. F., Vale, A. T., Andrade, A. P. A., Abreu, V. L. S., Azevedo, A. C. S. (2005) Poder calorífico da madeira e de materiais ligno-celulósicos. *Revista da Madeira*, 89:100-106.
- Ramos, I. S., Alves, M. G., Alexandre, J. (2006) Diagnóstico do polo cerâmico de Campos dos Goytacazes-RJ. *Revista Cerâmica Industrial*, 11: 28-32.
- Raven, P. H., Evert, R. F., Eichhorn, S. E. (2001) *Biologia Vegetal*. Sexta edição, 906p.
- Rocha, E. P. A., Souza, D. F., Damasceno, S. M. (2009) Estudo da viabilidade da utilização de briquete de capim como fonte alternativa de energia para queima em alto-forno. *VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica*. Uberlândia-MG.
- 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. *Pesq. Agrop.* 37:971-980.
- Silva, G. T. F., Weis, M. A. (2011) Energias renováveis e potenciais efeitos para o desenvolvimento regional no Brasil. *Revista Cadernos de economia*, 15:32-48.
- Souza Sobrinho, F, Léo, F. J. S., Pereira, A. V., Oliveira, J. S., Reis, M. C., Vilela, H. (2005a) Capim-elefante híbrido hexaplóide revisão. *Agronomia O portal da ciência e da inovação*. Citado 12 de fevereiro de 2013, visualizado em <http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos.htm>.
- Souza Sobrinho, F., Pereira, A. V., Ledo, F. J. S., Botrel, M. A., Oliveira, J. S., Xavier, D. F. (2005b) Avaliação agrônômica de híbridos interespecíficos entre capim-elefante e milheto. *Pesq. agropec. bras.*, 40:873-880.
- Tcacenco, F.A. E., Botrel, M. A. (1994) Identificação e avaliação de acessos e cultivares de capim-elefante. *Capim-elefante: Produção e utilização*. 2:1-30.
- Uhlig, A., Goldemberg, J., Coelho, S. T. (2008) O uso de carvão vegetal na indústria siderúrgica brasileira e o impacto sobre as mudanças climáticas *Revista Brasileira de Energia*, 14:67-85.
- Viana, O. J. e Pereira, J. V. S. (1973) Estudo da eficiência brotativa de gemas de capim-elefante, *Pennisetum purpureum* Schum. conforme sua posição no colmo. *Cien. Agron.*, 3:83-88.
- Vilela, H. (2009) Capim-elefante Paraíso na produção de energia. *Agronomia O portal da ciência e da inovação*. Citado 12 de fevereiro de 2013, visualizado em: [www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos.htm](http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos.htm).

- Vitor, C. M. T., 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 *R. Bras. Zootec.*, 38:435-442.
- Xavier, D.F., Daher, R. F.,. Botrel, M.A, Pereira, J.R. (1993). Poder germinativo de capim-elefante. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, 22: 565-671.
- Zanetti, J. B. ;Morais, R. F. ; Leite, J. M. ; Soares, L. H. B. ; Jantalia, C. P. ; Alves, B. J. R. ;Urquiaga, S. S.; Boddey, R. (2009). Produção e qualidade da biomassa de genótipos de capim-elefante para uso como fonte de energia.4<sup>o</sup> *Congresso Internacional de Bioenergia*, , Curitiba-PR.

### 3. TRABALHOS

#### 3.1. AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE 73 GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE EM CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

#### EVALUATION OF DEVELOPMENT OF 73 GENOTYPES OF ELEPHANT GRASS IN CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

André Vicente de Oliveira e Rogério Figueiredo Daher

Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias (CCTA),  
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF),  
Avenida Alberto Lamego, 2000, CEP: 28013-602,  
Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil, Telefone: (22) 2739-7193

#### RESUMO

O presente trabalho visou avaliar o desenvolvimento inicial de 73 genótipos de capim-elefante em Campos dos Goytacazes-RJ. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos ao acaso, com duas repetições no Campo experimental do Centro Estadual de Pesquisa em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos, pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (Pesagro-Rio). Foram realizadas cinco avaliações com intervalos de quatro semanas, sendo que a primeira ocorreu oito semanas após o plantio. As características avaliadas foram: Altura de planta, número de perfilhos por metro linear e diâmetro do colmo. Com base nos valores médios das características avaliadas, os genótipos: BAGCE 2, Cubano Pinda, Vrukwna, BAGCE 51, Capim

Cana D'África, Cuba-116, King Grass, Roxo Botucatu, Cameroon, BAGCE 69, IJ 7139, 02 AD IRI, BAG 86 e BAG 87 se destacaram dos demais. Baseado no coeficiente de regressão foi possível separar grupos de genótipos com padrões de desenvolvimento próximos e identificar aqueles com maior velocidade de brotamento de gemas e crescimento, traduzido em maior velocidade de estabelecimento da capineira.

Palavras-chave: brotamento, altura, diâmetro, *Pennisetum purpureum*.

#### ABSTRACT

This study aimed to evaluate the initial development of 73 genotypes of elephant grass in Campos-RJ. The experiment was conducted in a randomized block design with two replications in Pesagro Rio five evaluations were performed at intervals of four weeks, the first of which occurred eight weeks after planting. The characteristics studied were: plant height, number of tillers per meter and stem diameter. Based on the average values of the characteristics evaluated genotypes: BAGCE 2, Cuban Pinda, Vrukwna, BAGCE 51, Capim Cana D'Africa, Cuba-116, King Grass, Purple Botucatu, Cameroon, BAGCE 69, IJ 7139, 02 AD IRI , BAG BAG 86 and 87 stood out from the rest. Based on the regression coefficient was possible to separate groups of genotypes with development patterns and identify those with the next highest speed budding buds and growth translated into higher speed of establishment of capineira.

Keywords: budding, height, diameter, *Pennisetum purpureum*

#### 3.1.1. INTRODUÇÃO

O capim-elefante pertence à família Poaceae, gênero *Pennisetum* e seção Penicillaria (Brunken, 1977). É uma espécie nativa do continente africano, comum nos vales férteis com precipitação anual superior a 1.000 mm, que foi introduzida no Brasil no início do século XX pelo Coronel Napier (Bennet, 1976).

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é tipicamente tropical, perene e apresenta alta produtividade de biomassa. Por possuir grande variabilidade genética é capaz de se adaptar às condições climáticas predominantes em quase todo país (Daher et al., 2000; Freitas et al., 2004;

Pereira et al., 2008; Vitor et al., 2009; Cruz et al., 2010; Meinerz et al., 2011). Ele é uma das espécies mais usadas na forma de capineira como alternativa para amenizar o problema da falta de pasto na época da entressafra (Gomide, 1994). A utilização do capim-elefante na alimentação bovina pode ainda ser feita na forma de piquetes rotacionados ou ensilagem (Moreira et al., 2008; Andrade et al., 2012). Nos últimos anos o capim-elefante tem despertado também o interesse do setor energético como uma possível fonte de energia renovável, por apresentar potencial para produção de carvão vegetal e biocombustível (Silva e Rocha, 2010; Strezov et al., 2008).

As plantas de *P. purpureum* sofrem 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 decrescem, enquanto os de fibra, lignina e celulose, bem como a produtividade aumentam. Portanto, intervalos maiores entre cortes devem ser adotados para uso na produção de energia e intervalos menores para uso na alimentação animal (Flores et al., 2012; Kannika et al., 2011; Tessema et al., 2010). Independente da forma de utilização pretendida a elevada produtividade de biomassa é desejada e algumas características morfológicas do capim-elefante são altamente correlacionadas com a produção de biomassa (Xia, 2010; Daher et al., 2004). Diante do exposto, necessário se faz entender a dinâmica destas características durante o desenvolvimento das plantas para possibilitar escolha de genótipos adequados para finalidades distintas.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de genótipo, idade e interação entre estes dois fatores por meio das características: altura de planta, número de perfilhos por metro linear e diâmetro de colmo durante o desenvolvimento inicial de 73 genótipos de capim-elefante em Campos dos Goytacazes - RJ.

### 3.1.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área de convênio da Pesagro - Rio com a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), localizada em Campos dos Goytacazes - RJ, (21°19' de latitude Sul e 41°19' de longitude Oeste)

a 13 m de altitude. O clima é do tipo Aw, tropical quente e úmido, com período seco no inverno, chuvoso no verão e precipitação anual em torno de 1.152 mm (Köppen, 1948). O solo apresenta as seguintes características: pH 5,5; fósforo ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) 18; potássio ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) 83; Ca ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) 4,6; Mg ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) 3,0; Al ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) 0,1; H + Al ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) 4,5 e C (%) 1,6.

Os 73 genótipos de Capim-elefante (Tabela 1) foram avaliados no delineamento em blocos casualizados com duas repetições, a parcela foi formada por uma linha de 5,5 m com espaçamento de 2 m, totalizando  $11\text{m}^2$ . A parcela útil foi de 1m no interior destes 5,5m resultando em  $2\text{m}^2$ . O plantio ocorreu nos dias 23 e 24 de fevereiro de 2011 utilizando colmos inteiros, distribuídos nos sulcos aos pares no sistema pé com ponta. Após a distribuição dos colmos, estes foram toletados em pedaços contendo duas ou três gemas.

Na adubação de plantio foi disponibilizado para cada linha 60 g de superfosfato simples e 50 dias após o plantio foi realizada adubação de cobertura utilizando 70g de ureia e 40g de KCl por linha, correspondendo a 28,6 kg de N e 24 kg de  $\text{K}_2\text{O}$  por ha.

Foram efetuadas cinco avaliações, com oito, 12, 16, 20 e 24 semanas decorridas do plantio, nas quais foram avaliadas as seguintes características: número de perfilhos por metro linear, por meio de contagem dos perfilhos basais na linha de cultivo: altura (cm), foi estimada altura média para as plantas de cada linha de plantio com utilização de régua de madeira graduada; diâmetro do colmo (mm), com o auxílio de um paquímetro mensurado em quatro colmos, na região do entrenó, à aproximadamente 10 cm do solo, escolhidos aleatoriamente.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o Aplicativo Computacional em Genética e Estatística, Genes (Cruz, 2006). Por meio do qual se realizou análise de variância simples (ANOVA), para cada variável em cada avaliação, seguindo modelo  $Y_{ij} = m + G_i + B_j + e_{ij}$  em que:  $Y_{ij}$  representa a observação do i-ésimo genótipo no j-ésimo bloco; m representa uma constante geral associada a esta variável aleatória;  $G_i$  representa o efeito do i-ésimo genótipo;  $B_j$  representa o efeito do j-ésimo bloco; e  $e_{ij}$  representa o erro experimental associado à observação Y.

Posteriormente foram agrupadas as médias dos genótipos para cada variável dentro de cada avaliação utilizando teste Scott e Knott (1974). Realizou-

se em seguida análise de variância a fim de agrupar as cinco avaliações realizadas,

Tabela 1 - Relação dos genótipos presentes no Banco Ativo de Germoplasma de Capim-elefante (BAGCE) CCTA/UENF, 2012.

Genótipos	Genótipos
Elefante da Colômbia	T 241 Piracicaba
BAGCE 2	BAGCE 51
Três Rios	Elefante Cachoeiro Itapemirim
Napier Volta Grande	Capim Cana D'África
Mercker Santa Rita	Gramafante
Pusa Napier Nº 2	Roxo
Gigante de Pinda	Guaco/I.Z.2
Napier Goiano	Cuba-115
Mercker S. E. A	Cuba-116
Taiwan A-148	King Grass
Porto Rico 534-B	Roxo Botucatu
Taiwan A-25	Mineirão IPEACO
Albano	Vruckwona Africano
Pusa Gigante Napier	Cameroon
Elefante Híbrido 534-A	BAGCE 69
Costa Rica	Guaçu
Cubano Pinda	Napierzinho
Mercker Pinda	IJ 7125
Mercker Pinda México	IJ 7136
Mercker 86 México	IJ 7139
Napier S.E.A.	Goiano
Taiwan A-143	CAC 262
Pusa Napier Nº 1	Ibitinema
Elefante de Pinda	Australiano
Mineiro	13 AD
Mole de Volta Grande	10 AD IRI
Porto Rico	07 AD IRI
Napier	Pasto Panamá
Mercker Comum	BAGCE 92
Teresópolis	05 AD IRI
Taiwan A-46	13 AD IRI
Duro de Volta Grande	03 AD IRI
Mercker Comum Pinda	02 AD IRI
Turrialba	08 AD IRI
Taiwan A-146	BAG 86
Taiwan A-121	BAG 87
Vruckwona	

segundo modelo  $Y_{ijk} = m + G_i + B_j + e_a + A_k + GA_{ik} + e_b$ , de parcela subdividida no tempo em que:  $Y_{ijk}$  representa a observação do  $i$ -ésimo genótipo no  $j$ -ésimo bloco e  $k$ -ésima avaliação;  $m$  uma constante geral associada a esta variável aleatória;  $G_i$  representa o efeito do  $i$ -ésimo genótipo;  $B_j$  representa o efeito do  $j$ -ésimo bloco;  $e_a$  representa o erro experimental associado à  $G_i$  e  $B_j$ ;  $A_k$  representa o efeito da  $k$ -ésima avaliação;  $GA_{ik}$  representa o efeito da interação entre  $G_i$  e  $A_k$ ; e  $e_b$  representa o erro experimental associado à  $A_k$ ; e  $GA_{ik}$ . Efetuou-se logo após, análise de regressão linear de 1º grau segundo modelo  $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + e_i$  em que:  $Y_i$  é o valor observado para a variável dependente  $Y$  no  $i$ -ésimo nível da variável independente  $X$ ;  $\beta_0$  é a constante de regressão, representa o intercepto da reta com o eixo dos  $Y$ ;  $\beta_1$  é o coeficiente de regressão, representa a variação de  $Y$  em função da variação de uma unidade da variável  $X$ ;  $X_i$  é o  $i$ -ésimo nível da variável independente  $X$ ; e  $e_i$  é o erro que está associado à distância entre o valor observado  $Y_i$  e o correspondente ponto na curva, do modelo proposto, para o mesmo nível  $i$  de  $X$ . A regressão linear foi realizada com o intuito de realizar o agrupamento de modelos com base no coeficiente de regressão ( $\beta_1$ ) por meio do cálculo de diferença mínima significativa (DMS) utilizando o teste  $t$  de Student.

### 3.1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1.3.1. AGRUPAMENTO DE MÉDIAS

As análises de variância das características: altura, número de plantas por metro linear e, diâmetro do colmo, referentes às avaliações efetuadas com 8, 12, 16, 20 e 24 semanas de desenvolvimento evidenciaram a ocorrência de diferenças significativas pelo teste  $F$  ( $P < 0,01$ ), para todas as características em todas as avaliações (Tabela 2). Tal fato pode ser visto como indicativo da expressão fenotípica da variabilidade genética existente na espécie e na coleção de genótipos avaliada (Pereira et al., 2008).

De modo geral, a variável número de perfilhos por metro linear foi a que apresentou maior valor para o coeficiente de variação (CV), de modo que este decresceu de 30,01 para 22,74% nas avaliações realizadas com 8 e 24 semanas, respectivamente. As características altura e diâmetro do colmo apresentaram CV entre 10,23 e 19,97% em todas as leituras, valores médios, excetuando diâmetro

do colmo com 24 semanas, quando se observou para a característica CV igual a 9,77%, valor considerado baixo (Pimentel Gomes, 2009).

Variedades de capim-elefante podem atingir alturas elevadas dependendo das condições de clima e manejo. Kannika et al. (2011) avaliando altura do capim-elefante com diferentes intervalos de corte verificaram que aos 12 meses de idade o capim atingiu 5 metros. Foi verificado neste estudo altura média dos genótipos igual a 91,75 cm com oito semanas, este valor aumentou ao longo das

Tabela 2 - Resumo das análises de variância simples realizadas para as características: Altura (ALT) em cm, número de perfilhos por metro linear (NP) e diâmetro do colmo (DM) em mm, avaliadas em 73 genótipos de capim-elefante com 8, 12, 16, 20 e 24 semanas de após o plantio em Campos dos Goytacazes – RJ, 2011.

Semanas	Variável	Quadrados médios			Média	CV(%)
		Bloco	Genótipo	Resíduo		
8	ALT	3028.94	1031.83**	270.26	91,75	17,92
	NP	0.01	16.30**	3.35	6,10	30,01
	DM	30.75	12.04**	4.08	14,25	14,17
12	ALT	49.49	2164.32**	654.00	128,05	19,97
	NP	0.34	42.60**	8.79	10,97	27,04
	DM	4.63	12.31**	3.07	13,33	13,16
16	ALT	43.84	1583.30**	342.45	150,14	12,33
	NP	47.18	46.96**	11.14	12,61	26,47
	DM	8.88	21.52**	6.79	15,86	16,43
20	ALT	82.88	1480.48**	349.54	164,38	11,37
	NP	23.04	44.43**	10.74	12,30	26,64
	DM	4.28	10.71**	3.20	15,75	11,36
24	ALT	247.26	1954.51**	373.65	188,90	10,23
	NP	13.87	41.25**	9.06	13,24	22,74
	DM	7.92	10.92**	2.13	14,93	9,77

\*\* Significativos a 1% de probabilidade pelo teste F

avaliações de modo que, com 24 semanas a altura média observada foi de 188,90 cm. Segundo Xia et al. (2010), esta variável é correlacionada positivamente com a produtividade. De acordo com o teste de agrupamento de médias Scott-Knott a 5% de probabilidade (Tabela 3), foram formados neste estudo apenas dois grupos, A e B, durante as avaliações efetuadas com 8, 12, 16 e 20 semanas de desenvolvimento. Dos 73 genótipos avaliados, 31 se mantiveram no grupo A e 20 no grupo B nestas quatro avaliações. Porém, em avaliação realizada com 24 semanas de idade o teste formou seis diferentes

Tabela 3 - Valores médios das características altura (cm), números de perfilhos por metro linear e diâmetro do colmo (cm) avaliadas com 8,12,16, 20 e 24 semanas após o plantio em 73 genótipos de capim-elefante em Campos dos Goytacazes, RJ, 2011.

GENÓTIPO	Altura (cm)					Nº de Perfilhos por metro linear					Diâmetro do colmo (mm)				
	8	12	16	20	24	8	12	16	20	24	8	12	16	20	24
Elefante da Colômbia	70 B	93 B	135 B	155 B	173 D	7 C	11 C	12 C	13 D	17 B	14 B	15 A	16 C	17 A	16 B
BAGCE 2	98 A	90 B	158 A	178 A	198 C	8 B	19 A	21 A	20 B	22 A	15 B	17 A	19 B	20 A	17 A
Três Rios	98 A	105 B	163 A	178 A	190 C	8 B	19 A	21 A	19 B	21 A	14 B	14 B	15 C	16 B	16 B
Napier Volta Grande	70 B	95 B	105 B	123 B	143 E	4 C	9 C	11 C	10 D	11 C	17 A	13 B	17 C	19 A	18 A
Mercker Santa Rita	75 B	90 B	120 B	138 B	158 E	5 C	12 C	13 C	14 C	16 B	13 B	12 B	15 C	15 B	15 B
Pusa Napier Nº 2	70 B	93 B	123 B	135 B	158 E	5 C	10 C	12 C	13 C	13 C	15 B	13 B	14 C	15 B	13 C
Gigante de Pinda	68 B	88 B	130 B	145 B	175 D	8 B	19 A	19 B	17 C	20 A	13 B	12 B	16 C	15 B	15 B
Napier Goiano	55 B	93 B	123 B	138 B	155 E	4 C	11 C	13 C	14 C	15 B	13 B	11 B	16 C	13 B	13 C
Mercker S. E. A	55 B	85 B	125 B	140 B	158 E	4 C	9 C	12 C	11 D	13 C	14 B	12 B	14 C	16 B	13 C
Taiwan A-148	88 B	130 A	168 A	180 A	205 C	6 C	16 B	18 B	18 C	20 A	14 B	14 B	15 C	14 B	13 C
Porto Rico 534-B	83 B	143 A	165 A	183 A	213 C	4 C	8 D	9 C	9 D	12 C	15 B	12 B	14 C	15 B	15 B
Taiwan A-25	65 B	75 B	130 B	165 A	180 D	4 C	6 D	6 C	7 D	12 C	13 B	14 B	15 C	16 B	13 C
Albano	93 A	130 A	168 A	198 A	210 C	2 C	2 D	11 C	4 D	5 D	17 A	13 B	15 C	15 B	13 C
Pusa Gigante Napier	85 B	115 B	125 B	140 B	163 D	7 B	11 C	11 C	8 D	15 B	15 B	15 A	17 C	17 A	13 C
Elefante Híbrido 534-A	60 B	70 B	95 B	105 B	128 F	1 C	3 D	3 C	4 D	5 D	13 B	14 B	16 C	18 A	15 B
Costa Rica	85 B	148 A	153 A	175 A	205 C	4 C	7 D	8 C	8 D	11 C	19 A	16 A	16 C	18 A	16 B
Cubano Pinda	103 A	123 A	155 A	165 A	195 C	7 C	13 B	10 C	12 D	14 C	17 A	17 A	18 B	22 A	19 A
Mercker Pinda	75 B	148 A	135 B	163 A	183 D	3 C	4 D	4 C	5 D	6 D	14 B	13 B	13 C	13 B	12 C
Mercker Pinda México	95 A	163 A	148 A	170 A	195 C	6 C	9 C	8 C	8 D	9 D	15 B	12 B	12 C	13 B	10 C
Mercker 86 México	123 A	173 A	160 A	178 A	203 C	6 C	9 C	9 C	9 D	10 C	17 A	12 B	13 C	13 B	13 C
Napier S.E.A.	100 A	130 A	143 B	170 A	190 C	5 C	12 C	14 C	16 C	17 B	14 B	13 B	17 C	16 B	15 B
Taiwan A-143	103 A	118 B	123 B	138 B	180 D	3 C	5 D	7 C	7 D	8 D	14 B	14 B	19 B	18 A	16 B
Pusa Napier Nº 1	80 B	110 B	125 B	140 B	165 D	11 A	13 B	11 C	12 D	13 C	15 B	14 B	16 C	15 B	15 B
Elefante de Pinda	70 B	83 B	103 B	120 B	148 E	4 C	6 D	9 C	8 D	10 C	11 B	12 B	15 C	17 A	14 B
Mineiro	60 B	75 B	115 B	133 B	145 E	3 C	8 D	9 C	10 D	12 C	14 B	14 B	17 C	16 B	15 B
Mole de Volta Grande	73 B	83 B	125 B	140 B	173 D	8 B	19 A	22 A	20 B	20 A	14 B	13 B	16 C	16 B	14 B

Tabela 3 – Cont.,

GENÓTIPO	Altura (cm)					Nº de Perfilhos por metro linear					Diâmetro do colmo (mm)				
	8	12	16	20	24	8	12	16	20	24	8	12	16	20	24
Mole de Volta Grande	73 B	83 B	125 B	140 B	173 D	8 B	19 A	22 A	20 B	20 A	14 B	13 B	16 C	16 B	14 B
Porto Rico	98 A	125 A	138 B	158 B	183 D	4 C	14 B	17 B	14 C	19 A	14 B	13 B	16 C	14 B	12 C
Napier	40 B	45 B	63 B	73 B	105 F	1 C	3 D	4 C	4 D	5 D	10 B	13 B	13 C	16 B	13 C
Mercker Comum	133 A	175 A	168 A	180 A	193 C	5 C	10 C	10 C	10 D	12 C	12 B	11 B	12 C	11 B	13 C
Teresópolis	103 A	150 A	155 A	168 A	195 C	4 C	10 C	13 C	12 D	15 B	12 B	11 B	12 C	16 B	12 C
Taiwan A-46	113 A	165 A	168 A	180 A	203 C	10 A	14 B	17 B	17 C	17 B	15 B	14 B	15 C	17 A	16 B
Duro de Volta Grande	75 B	120 B	160 A	173 A	198 C	5 C	9 C	11 C	11 D	12 C	14 B	12 B	16 C	16 B	14 B
Mercker Comum Pinda	123 A	163 A	160 A	173 A	195 C	4 C	10 C	11 C	11 D	13 C	11 B	11 B	12 C	13 B	12 C
Turrialba	88 B	113 B	143 B	148 B	185 D	7 C	10 C	12 C	13 D	12 C	15 B	14 B	19 B	17 A	15 B
Taiwan A-146	108 A	175 A	180 A	195 A	238 B	8 B	14 B	18 B	17 C	17 B	13 B	12 B	16 C	15 B	17 A
Taiwan A-121	80 B	135 A	153 A	175 A	205 C	7 B	13 B	16 B	15 C	16 B	13 B	11 B	14 C	13 B	13 C
Vrukwona	93 A	128 A	175 A	188 A	210 C	10 A	14 B	16 B	15 C	14 C	17 A	17 A	20 B	19 A	16 A
T 241 Piracicaba	58 B	80 B	113 B	130 B	160 E	3 C	7 D	8 C	8 D	9 D	14 B	16 A	19 B	18 A	18 A
BAGCE 51	95 A	105 B	155 A	170 A	205 C	6 C	11 C	11 C	11 D	11 C	16 A	19 A	19 B	18 A	17 A
Elef. Cach. Itapemirim	75 B	148 A	158 A	173 A	198 C	5 C	13 B	14 C	15 C	15 B	11 B	12 B	13 C	15 B	13 C
Capim Cana D'África	93 A	130 A	158 A	173 A	203 C	7 C	10 C	11 C	10 D	10 C	18 A	17 A	21 B	21 A	21 A
Gramafante	85 B	108 B	145 B	155 B	180 D	6 C	12 B	14 C	14 C	14 C	14 B	16 A	17 C	16 B	16 B
Roxo	95 A	135 A	180 A	195 A	223 B	6 C	8 C	10 C	11 D	11 C	17 A	17 A	18 B	15 B	15 B
Guaco/I.Z.2	75 B	78 B	135 B	153 B	188 D	3 C	7 D	10 C	10 D	12 C	16 A	16 A	23 B	20 A	19 A
Cuba-115	108 A	140 A	203 A	205 A	250 B	3 C	6 D	8 C	8 D	8 D	15 B	13 B	19 B	17 A	19 A
Cuba-116	163 A	203 A	240 A	245 A	290 A	11 A	13 B	19 B	20 B	20 A	19 A	17 A	20 B	19 A	19 A
King Grass	108 A	145 A	188 A	200 A	233 B	9 B	12 B	14 C	14 C	12 C	17 A	16 A	17 C	18 A	17 A
Roxo Botucatu	105 A	140 A	188 A	203 A	235 B	8 B	10 C	11 C	11 D	12 C	17 A	17 A	18 B	16 B	18 A
Mineirão IPEACO	103 A	153 A	160 A	168 A	185 D	5 C	7 D	11 C	10 D	12 C	13 B	15 A	15 C	16 B	15 B
Vruckwona Africano	73 B	103 B	150 A	173 A	178 D	6 C	12 C	15 B	14 C	15 B	15 B	12 B	15 C	15 B	14 B
Cameroon	100 A	125 A	173 A	183 A	215 C	10 A	13 B	13 C	13 C	13 C	16 A	17 A	20 B	19 A	18 A
BAGCE 69	93 A	103 B	168 A	178 A	215 C	3 C	6 D	7 C	8 D	6 D	21 A	18 A	19 B	20 A	19 A

Tabela 3 – Cont.,

GENÓTIPO	Altura (cm)					Nº de Perfilhos por metro linear					Diâmetro do colmo (mm)				
	8	12	16	20	24	8	12	16	20	24	8	12	16	20	24
Guaçu	78 B	85 B	130 B	140 B	170 D	4 C	6 D	7 C	8 D	7 D	14 B	13 B	20 B	19 A	19 A
Napierzinho	120 A	168 A	158 A	168 A	178 D	11 A	19 A	21 A	20 B	21 A	12 B	11 B	14 C	15 B	15 B
IJ 7125	123 A	175 A	165 A	173 A	180 D	11 A	20 A	22 A	26 A	23 A	12 B	12 B	15 C	15 B	12 C
IJ 7136	58 B	120 B	110 B	125 B	140 E	2 C	5 D	7 C	7 D	8 D	10 B	9 B	10 C	13 B	13 C
IJ 7139	118 A	133 A	170 A	183 A	228 B	7 B	10 C	10 C	10 D	10 C	21 A	18 A	24 B	19 A	18 A
Goiano	118 A	148 A	153 A	170 A	193 C	4 C	7 D	9 C	9 D	8 D	14 B	13 B	15 C	17 A	14 B
CAC 262	118 A	153 A	165 A	180 A	208 C	5 C	12 B	15 B	17 C	15 B	15 B	12 B	14 C	13 B	13 C
Ibitinema	68 B	145 A	140 B	158 B	168 D	11 A	21 A	23 A	22 B	23 A	12 B	11 B	15 C	15 B	14 B
Australiano	73 B	143 A	140 B	138 B	155 E	14 A	26 A	29 A	27 A	24 A	11 B	11 B	14 C	15 B	14 B
13 AD	98 A	128 A	125 B	138 B	153 E	8 B	14 B	18 B	15 C	18 B	11 B	10 B	12 C	13 B	12 C
10 AD IRI	113 A	185 A	165 A	175 A	183 D	8 B	13 B	16 B	15 C	17 B	13 B	11 B	14 C	15 B	13 C
07 AD IRI	80 B	173 A	168 A	180 A	205 C	6 C	10 C	10 C	9 D	10 C	14 B	13 B	15 C	15 B	16 B
Pasto Panamá	125 A	160 A	178 A	193 A	228 B	10 A	15 B	17 B	16 C	18 B	16 A	13 B	15 C	16 B	16 B
BAGCE 92	118 A	128 A	123 B	135 B	150 E	7 B	18 A	16 B	14 C	17 B	10 B	7 B	11 C	11 B	13 C
05 AD IRI	123 A	158 A	153 A	165 A	178 D	7 B	10 C	13 C	13 C	14 C	13 B	11 B	13 C	15 B	17 A
13 AD IRI	65 B	160 A	135 B	143 B	153 E	6 C	13 B	13 C	14 C	13 C	13 B	10 B	12 C	13 B	12 C
03 AD IRI	100 A	155 A	180 A	190 A	230 B	8 B	11 C	11 C	11 D	11 C	15 B	14 B	18 B	16 B	16 A
02 AD IRI	110 A	168 A	215 A	220 A	255 B	13 A	16 B	17 B	17 C	17 B	16 A	15 A	15 C	16 B	18 A
08 AD IRI	98 A	160 A	165 A	168 A	173 D	6 C	9 C	12 C	10 D	11 C	12 B	14 B	15 C	13 B	15 B
BAG 86	100 A	128 A	155 A	168 A	200 C	8 B	12 C	12 C	12 D	11 C	18 A	18 A	31 A	18 A	18 A
BAG 87	130 A	153 A	188 A	200 A	223 B	12 A	15 B	14 C	14 C	14 C	21 A	19 A	18 B	20 A	21 A

Valores seguidos pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

grupos, sendo que os genótipos que apresentaram as maiores alturas e estiveram no grupo A durante as primeiras avaliações foram distribuídos nos grupos A, B, C e D. Enquanto vinte genótipos que durante as quatro primeiras avaliações estiveram sempre no grupo B, na última avaliação foram divididos entre os grupos D, E e F. Os demais tratamentos oscilaram entre A e B nas primeiras avaliações e em C, D e E na última. A formação de maior número de grupos na quinta avaliação, quando as plantas estavam com 24 semanas pós-plantio, é um indicativo de que a partir desta idade há uma maior diferenciação entre genótipos de acordo com suas alturas.

O número de perfilhos por metro é uma característica de alta herdabilidade, possibilitando sua transferência em programas de melhoramento da espécie (Silva et al., 2010). No presente trabalho, o número médio de perfilhos por metro linear passou de 6, observado na avaliação com oito semanas de desenvolvimento para 13 com 24 semanas. Os genótipos foram distribuídos, com base nesta variável, em três grupos na primeira e terceira avaliação e quatro grupos na segunda, quarta e quinta. Apenas seis genótipos se mantiveram no mesmo grupo em todas as avaliações, sendo que destes, quatro estiveram no grupo A e dois no grupo C. É válido salientar que elevado número de perfilhos nem sempre é traduzido em alta produtividade. Xia et al. (2010) realizaram análise de agrupamento envolvendo 17 genótipos de capim-elefante e um híbrido com milheto e concluíram que o grupo com maior produtividade apresentava poucos perfilhos por planta. Contudo, Daher et al. (2004) concluíram que esta variável foi capaz de explicar melhor o potencial de produção de matéria seca atuando de forma direta na variável básica.

O estudo da variável diâmetro do colmo é de grande importância, pois esta é diretamente correlacionada com a produção de matéria seca e influencia na relação colmo/folha que, por sua vez, possui correlação positiva com a produtividade de biomassa. Entretanto, Daher, et al. (2004) verificaram correlação inversa entre as características diâmetro do colmo e produção de matéria seca, por conta das condições ambientais em que as plantas se desenvolveram. Além disto, a relação colmo/folha afeta os teores de fibra, influenciando tanto na digestibilidade, quanto no poder calorífico (Tessema et al., 2010; Xia et al., 2010; Queiroz Filho et al., 2000). No presente estudo, os genótipos foram separados de acordo com Scott-Knott ( $P < 0,05$ ) em dois grandes grupos na primeira, segunda e

quarta avaliações, enquanto na terceira e quinta três grupos foram formados. De modo geral, as médias observadas estiveram entre 14 e 15 mm. Pode-se verificar que 14 genótipos estiveram no grupo A em pelo menos três das cinco avaliações.

### 3.1.3.2. AGRUPAMENTO DOS COEFICIENTES DE REGRESSÃO

Para incluir os cinco ambientes (idades de avaliação) em uma análise de variância seguindo modelo de parcelas subdivididas, a homogeneidade da variância dos mesmos foi testada. Esta variância é aceitável quando a proporção entre o maior e menor valor de quadrado médio de resíduo (QMR) é de até 7:1 (Cruz e Regazzi, 1997). Assim sendo, todas as variáveis estudadas atenderam tal pressuposição, pois a relação entre seus QMR esteve entre 2,42 para a variável altura e 3,32 para número de plantas.

A análise de variância conjunta, agrupando as cinco avaliações das variáveis acompanhadas revelou que para todas elas o efeito de genótipo assim como o de ambiente foi significativo em nível de 1% segundo teste F. Enquanto para a interação genótipo x ambiente a mesma significância foi observada apenas para a característica diâmetro de colmo. Para altura e número de perfilhos por metro linear não foi observado efeito significativo para a interação de acordo com o teste F ( $P < 0,05$ ), (Tabela 4). Os coeficientes de variação observados foram médios para as variáveis: altura, diâmetro de colmo e alto para número de perfilhos por metro (Pimentel Gomes, 2009).

O agrupamento de modelos similares de regressão permite a formação grupos de genótipos com comportamento estatisticamente semelhante (Vasconcelos et al., 2010).

Todos os genótipos com exceção do Pasto Panamá apresentaram, para a variável altura de planta, efeito significativo ( $P < 0,05$ ) para o modelo de regressão de 1º grau segundo teste F. O genótipo Cuba-115 foi o que apresentou maior coeficiente de regressão ( $\beta_1 = 8,750$ ). De acordo com o teste  $t$  ( $_{72}; 0,05$ ), os genótipos seguidos de letra A (Tabela 5) não diferem do mesmo, quanto ao coeficiente de regressão. Sendo que o BAG - 87 foi o que mostrou o menor valor de  $\beta_1$  (5,8125) dentro deste grupo, formado pelos 38 genótipos que demonstraram crescimento mais rápido, no período avaliado.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância seguindo modelo de parcelas subdivididas no tempo realizada para as características: altura (ALT) em cm, número de perfilhos (NP) e diâmetro do colmo (DM) em mm, avaliadas em cinco idades em 73 genótipos de capim-elefante em Campos dos Goytacazes – RJ, 2011.

Característica	Quadrados Médios						Média	CVa (%)	CVb (%)
	Blocos (GL=1)	Genótipos (GL=72)	Resíduo (a) (GL=72)	Idades (GL=4)	G X A (GL= 288)	Resíduo (b) (GL= 292)			
ALT	1288.9041	6624.82**	559.74	199010.67**	397.40 ns	360.051	144.64	16.36	13.12
NP	0.9260	168.61**	11.18	1214.55**	5.73 ns	8.15	11.05	30.28	25.86
DM	6.7123	51.45**	5.26	164.38**	4.01**	3.62	14.82	15.47	12.84

GL = Grau de liberdade; GxA = interação genótipo ambiente; Resíduo (a) referente a genótipo; Resíduo (b) referente a ambiente e GxA; CVa = Coeficiente de variação de genótipo e CVb = Coeficiente de variação de ambiente; \*\* = significativos a 1% de probabilidade pelo teste F; ns = não significativos a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 5 - Valores de coeficiente de regressão ( $\beta_1$ ) de três variáveis avaliadas com 8, 12, 16, 20 e 24 semanas após o plantio em 73 genótipos de capim-elefante em Campos dos Goytacazes - RJ, 2011.

GENÓTIPO	Coeficientes de regressão ( $\beta_1$ )		
	Altura	Nº de Perfilhos	Diâmetro do Colmo
Elefante da Colômbia	6,6875 A	0,5750 A	0,1125
BAGCE 2	7,1875 A	0,6875 A	0,1500
Três Rios	6,4375 A	0,6375 A	0,1125
Napier Volta Grande	4,3125	0,3875 A	0,1875
Mercker Santa Rita	5,3125	0,6000 A	0,1625
Pusa Napier Nº 2	5,4375	0,4750 A	-0,0500
Gigante de Pinda	6,8125 A	0,5500 A	0,1750
Napier Goiano	6,1250 A	0,6125 A	0,1000
Mercker S. E. A	6,5000 A	0,5125 A	0,0500
Taiwan A-148	7,1250 A	0,7500 A	0,0125
Porto Rico 534-B	7,5000 A	0,4125 A	0,0500
Taiwan A-25	8,0000 A	0,4125 A	0,0375
Albano	7,5625 A	0,1625	-0,1375
Pusa Gigante Napier	4,5000	0,3000	-0,0500
Elefante Híbrido 534-A	4,2500	0,1875	0,1750
Costa Rica	6,6875 A	0,3500 A	-0,1375
Cubano Pinda	5,6875	0,3375 A	0,2500 A
Mercker Pinda	5,7500	0,2000	-0,1250
Mercker Pinda México	5,1875	0,1625	-0,2250
Mercker 86 México	4,1250	0,2125	-0,1750
Napier S.E.A.	5,5000	0,6750 A	0,1125
Taiwan A-143	4,3750	0,2625	0,2000
Pusa Napier Nº 1	5,0000	0,0625	0,0125
Elefante de Pinda	4,8125	0,3500 A	0,3000 A
Mineiro	5,6875	0,4750 A	0,1250
Mole de Volta Grande	6,4375 A	0,6125 A	0,0500
Porto Rico	5,0625	0,7375 A	-0,1000
Napier	3,9375	0,2250	0,1875
Mercker Comum	3,1250	0,3500 A	0,0875
Teresópolis	5,0625	0,6000 A	0,1500
Taiwan A-46	4,8750	0,4000 A	0,1250
Duro de Volta Grande	7,4375 A	0,4000 A	0,1125
Mercker Comum Pinda	3,8750	0,4875 A	0,0875
Turrialba	5,7500	0,3500 A	0,1125
Taiwan A-146	7,0000 A	0,5250 A	0,2500 A
Taiwan A-121	7,2500 A	0,5125 A	0,0625
Vrukwona	7,3750 A	0,2000	-0,0125

Tabela 5 – Cont.,

GENÓTIPO	Coeficientes de regressão ( $\beta_1$ )		
	Altura	Número de perfilhos	Diâmetro do colmo
T 241 Piracicaba	6,3750 A	0,3250 A	0,2625 A
BAGCE 51	7,1250 A	0,2875	0,0375
Elefante Cacheira Itapemirim	6,7500 A	0,5250 A	0,1750
Capim Cana D'África	6,5625 A	0,1500	0,2500 A
Gramafante	5,9375 A	0,4625 A	0,1000
Roxo	7,8750 A	0,3250 A	-0,1125
Guaco/I.Z.2	7,5000 A	0,5000 A	0,2250 A
Cuba-115	8,7500 A	0,2875	0,2875 A
Cuba-116	7,4375 A	0,6625 A	0,0375
King Grass	7,6250 A	0,1875	0,0500
Roxo Botucatu	8,0625 A	0,2000	0,0375
Mineirão IPEACO	4,5000	0,4125 A	0,1250
Vruckwona Africano	7,0000 A	0,5375 A	0,0250
Cameroon	7,1875 A	0,1250	0,1500
BAGCE 69	8,0000 A	0,2250	-0,0250
Guaçu	6,0000 A	0,1625	0,4000 A
Napierzinho	2,8750	0,5125 A	0,2625 A
IJ 7125	2,8125	0,7125 A	0,0875
IJ 7136	4,2500	0,3500 A	0,2375 A
IJ 7139	6,7500 A	0,1500	-0,1500
Goiano	4,3125	0,2500	0,1125
CAC 262	5,1875	0,6125 A	-0,0500
Ibitinema	5,3125	0,6375 A	0,2125 A
Australiano	4,0000	0,5250 A	0,2750 A
13 AD	3,0000	0,5250 A	0,1250
10 AD IRI	3,2500	0,4875 A	0,0875
07 AD IRI	6,4375 A	0,2000	0,1625
Pasto Panamá	5,9375	0,4000 A	0,0375
BAGCE 92	1,8125	0,4000 A	0,2250 A
05 AD IRI	2,9375	0,4000 A	0,3000 A
13 AD IRI	3,9375	0,3750 A	0,0125
03 AD IRI	7,3750 A	0,1500	0,1250
02 AD IRI	8,5625 A	0,2125	0,1000
08 AD IRI	3,9375	0,2500	0,1375
BAG – 86	6,0000 A	0,1250	-0,0125
BAG – 87	5,8125 A	0,0875	0,0375
CV (%)	16,36	30,28	15,47
DMS	2,995	0,4505	0,3004

CV = Coeficiente de variação; DMS = diferença mínima significativa; Valores seguidos de letras iguais na vertical não diferem entre si segundo teste t a 5% com 72 graus de liberdade.

Para a característica número de perfilhos, 47 dos 73 genótipos estudados, formaram um grupo superior, tais genótipos apresentaram como característica, maior capacidade de brotação em menor período, não diferindo entre si de acordo com o teste t ( $t_{72; 0,05}$ ). Os valores observados para  $\beta_1$  neste grupo ficaram compreendidos entre 0,7500 e 0,3250 verificados para os genótipos Taiwan A-148 e Roxo, respectivamente. Os genótipos que se mantiveram fora deste grupo, não foram significativos segundo teste F ( $P < 0,05$ ) para regressão de 1º grau. Com base neste tipo de análise, foi impossível um padrão na dinâmica de brotação dos mesmos.

Ao avaliar a dinâmica de desenvolvimento do diâmetro do colmo, pode-se verificar que dentre os genótipos estudados, apenas dezesseis se mostraram significativos para o modelo de regressão de 1º grau. Destes, quinze possuem coeficiente de regressão sem diferenças detectáveis pelo teste t a 5% de probabilidade e 72 graus de liberdade. Os genótipos limitantes deste grupo foram, superiormente o Guaçu ( $\beta_1 = 0,4000$ ) e inferiormente o Ibitinema ( $\beta_1 = 0,2125$ ). Dentre os genótipos que apresentaram regressão o único que diferiu deste grupo foi o Mercker Pinda México, para o qual foi observado um coeficiente de regressão negativo. Tal fato pode ser explicado pela persistência da bainha junto ao caule durante o início do crescimento, aumentando o diâmetro e, fazendo com que o mesmo diminua quando as plantas crescem e a bainha não mais se encontra na região mensurada.

#### 3.1.4. CONCLUSÃO

Com base nas características: altura, número de perfilhos e diâmetro de colmo, pode-se concluir que os genótipos: BAGCE 2, Cubano Pinda, Vrukwona, BAGCE 51, Capim Cana D'África, Cuba-116, King Grass, Roxo Botucatu, Cameroon, BAGCE 69, IJ 7139, 02 AD IRI, BAG - 86 e BAG - 87 se destacaram dos demais.

Com base no coeficiente de regressão, foi possível separar grupos de genótipos com padrões de desenvolvimento próximos e identificar aqueles com maior velocidade de brotamento de gemas, crescimento e desenvolvimento do colmo, traduzido em velocidade de estabelecimento de uma capineira. Dentre os

genótipos estudados 31 apresentaram-se no grupo superior em pelo menos duas características.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, A. P., Quadros, D. G., Bezerra, A. R. G., Almeida, J. A. R., Silva, P. H. S., Araújo, J. A. M. (2012) Aspectos qualitativos da silagem de capim-elefante com fubá de milho e casca de soja. *Semina: Ciências Agrárias*, 33:1209-1218.
- 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. p. 321-334.
- Brunken, J. (1977) Systematic survey of *Pennisetum* sect. *Pennisetum* (Graminae). *American Journal of Botany*. 64:161-176.
- Cruz, C.D. (2006) Programa Genes: Biometria. Editora UFV. Vicoso (MG). 382p.
- Cruz, C.D., Regazzi, A.J. 1997 *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento*. 2ª Ed. Viçosa: UFV, 390p.
- Cruz, R. S., Santos, A. C., Castro, J. G. D., Alexandrino, E., Caraça, D. C., Diniz, J. P., (2010) Produtividade do Capim-Cameroon estabelecida em duas classes de solos e submetido a doses crescentes de nitrogênio no norte tocaninense. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 32: 393-399.
- Daher, R. F., Vázquez, H. M., Pereira, A. V., Fernandes, A. M. (2000) Introdução e avaliação de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) em Campos dos Goytacazes, RJ. *Rev. bras. zootec.* 29:1296-1301.
- Daher, R. F., Pereira, A. V., Pereira, M. G., Lédo, F. J. S., Amaral Junior, A. T., Rocabado, J. M. A., Ferreira, C. F., Tardin, F. D. (2004). Análise de trilha de caracteres forrageiros do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Ciência Rural*. 34:1531-1535.
- Flores, R. A., Urquiaga, S. S., Alves, B. J. R., Collier, L. S., Moraes, 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.
- Freitas, E.V., Lira, M.A., Dubeux Jr., J.C.B. Santos, M. V. F., Mello, A. C. L., Tabosa, J. N., Farias, I. (2004) Características produtivas e qualitativas de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) avaliados sob pastejo na Zona da Mata de Pernambuco. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 26:251-257.

- Gomide, J. A. (1994) Formação e utilização de capineira de capim-elefante. *Capim-elefante produção e utilização*, 2:79-112.
- Kannika, R., Yasuyuki, I., Kunn, K., Pichit, P., Prapa, S., Vittaya P., Pilanee, V., Ganda, N., Sayan, T. (2011) Effects of inter-cutting interval on biomass yield, growth components and chemical composition of napiergrass (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivars as bioenergy crops in Thailand. *Grassland Science*, 57:135-141.
- Köppen, W. (1948) *Climatologia: con um estúdio de los climas de La Tierra*. México: Fondo de Cultura Economica, 479p.
- Meinerz, G. R., Olivo, C. J., Agnolin, C. A., Dullius, A. P., Moraes, R. S., Mombach, G., Foletto, V., Machado, P. R. (2011) Produção e valor nutritivo da forragem de capim-elefante em dois sistemas de produção. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40:2673-2680.
- Moreira, P. C., Wascheck, R. C., Dutra, A. R., Grandsire, C., Almeida, O. C., Moreira, S. O. L., Oliveira, D. L. (2008) Utilização de capim-elefante para alimentação de bovinos, *Estudos*, 35:429-449.
- Pereira, A. V., Machado, M. A., Azevedo, A. L. S., Nascimento, S., Campos, A. L., Lédo, F. J. S. (2008) Diversidade genética entre acessos de capim-elefante obtida com marcadores moleculares. *R. Bras. Zootec.*, 37:1216-1221.
- Pimentel-Gomes, F. (2009) *Curso de estatística experimental*. 15ª Ed. Piracicaba: FEALQ, 451p.
- Queiroz Filho, J. L., Silva, D. S., Nascimento, I. S. (2000) Produção de matéria seca e qualidade do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivar Roxo em diferentes idades de corte. *Rev. bras. zootec.*, 29:69-74.
- Scott, A. J A e Knott, M. (1974) *Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance*. *Biometrics* 30:507-512.
- Silva, A. L. C., Santos, M. V. F., Dubeux Júnior, J. C. B., Lira, M. A., Ferreira, R. L. C., Freitas, E. V., Cunha, M. V., Silva, M. C. (2010) Variabilidade e herdabilidade de caracteres morfológicos em clones de capim-elefante na Zona da Mata de Pernambuco. *R. Bras. Zootec.*, 39:2132-2140.
- Silva, E., Rocha, C. R. (2010) Eucalipto e capim-elefante: características e potencial produtivo de biomassa. *Revista Agrogeoambiental*, 2:143-152.
- Strezov, V., Evans, T. J., Hayman, C. (2008) Thermal conversion of elephant grass (*Pennisetum Purpureum* Schum) to bio-gas, bio-oil and charcoal. *Bioresource Technology*, 99:8394–8399.

- Tessema, Z. K., Mihret, J., Solomon, M. (2010) Effect of defoliation frequency and cutting height on growth, dry-matter yield and nutritive value of Napier grass (*Pennisetum purpureum* (L.) Schumach). *Grass and Forage Science*, 65:421–430.
- Vasconcelos, E. S., Cruz, C. D., Regazzi, A. J., Bhering, L. L., Rosado, T. B., Vasconcelos, F. S. (2010) Agrupamento de modelos de regressão da análise de adaptabilidade e estabilidade de genótipos. *Pesq. agropec. bras.*, 45:1357-1362.
- Vitor, C. M. T., 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 *R. Bras. Zootec.*, 38:435-442.
- Xia, Z., Hongru, G., Chenglong, D., Xiaoxian, Z., Jianli, Z., Nengxiang, X. (2010) Path coefficient and cluster analyses of yield and morphological traits in *Pennisetum purpureum*. *Tropical Grasslands*, 44:95–102.

### 3.2. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DE BIOMASSA DE 73 GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE CULTIVADOS PARA FINS ENERGÉTICOS EM CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ.

#### MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS, PRODUCTIVITY AND QUALITY OF BIOMASS OF 73 GENOTYPES ELEPHANT GRASS CULTIVATED FOR ENERGY PURPOSES IN CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ.

André Vicente de Oliveira e Rogério Daher Figueiredo

Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias (CCTA),  
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF),  
Avenida Alberto Lamego, 2000, CEP: 28013-602,  
Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil, Telefone: (22) 2739-7193

#### RESUMO

Objetivou-se neste trabalho avaliar características morfológicas, produtividade e qualidade da biomassa gerada por 73 genótipos de capim-elefante em Campos dos Goytacazes - RJ. O experimento foi conduzido em blocos ao acaso, com duas repetições no Campo Experimental do Centro Estadual de Pesquisa em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos, pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (Pesagro – Rio). O plantio ocorreu em fevereiro de 2011. Foi realizado um corte de uniformização em dezembro do mesmo ano e dois cortes de avaliação nos quais foram avaliadas as características altura, número de plantas por metro linear, diâmetro do colmo e produtividade de matéria seca, tendo sido um corte realizado em junho e outro em dezembro de 2012. No primeiro corte além da

produtividade de matéria seca foi avaliada a qualidade da biomassa produzida por meio do estudo das seguintes características: cinzas, celulose, lignina e fibra em detergente ácido. Todos os genótipos apresentaram diferença significativa entre suas características morfológicas no primeiro corte possibilitando a formação de grupos distintos pelo teste de Scott-Knott. No segundo corte, os genótipos apresentaram diferença significativa apenas quanto à variável altura, segundo mesmo teste. A produtividade de matéria seca possibilitou a separação dos 73 genótipos de capim-elefante em dois grupos nos dois cortes e na avaliação de produção anual, obtida pela soma da produtividade nos dois cortes. A maioria dos genótipos apresentou menor produtividade no segundo corte. Com a avaliação da qualidade da biomassa gerada foi possível verificar que somente a variável percentual de lignina apresentou diferença significativa entre os genótipos.

Palavras-chave: Produção de matéria seca, fibras, lignina, celulose e cinzas.

#### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the morphological, yield and quality of biomass generated by 73 genotypes of elephant grass in Campos - RJ. The experiment was conducted in a randomized block design with two replications in Pesagro – Rio and was conducted uniformity cut in December 2011 and two cuts of assessment in which traits were evaluated height, number of plants per meter, stem diameter and dry matter yield, having a cut made in June and another in December 2012. In the first section beyond the dry matter yield was evaluated biomass quality through the study of the following: % ash, % cellulose, lignin and % FDA. All morphological characteristics showed significant differences between genotypes in the first cut allowing the formation of distinct groups by Scott-Knott. In the second cut just showed variable height difference under the same test. The dry matter yield enabled the separation of the 73 genotypes of elephant grass in two groups in both cutting and evaluation of annual production, and most genotypes showed seasonality in production. With the quality assessment of biomass generated was possible to verify that only the variable % lignin was significantly different between genotypes.

Keywords: Production of dry matter, fiber, lignin, cellulose and ash.

### 3.2.1. INTRODUÇÃO

Em meio à atual busca por sustentabilidade tem-se desenvolvido políticas em todo o mundo que visam desenvolver mecanismos de geração e utilização de energias renováveis. A geração de energia pela combustão direta de biomassa vegetal é uma alternativa aos combustíveis derivados do petróleo para diversos setores (McKendry, 2002), sendo o capim-elefante uma opção para a obtenção desta biomassa (Morais et al., 2009b).

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é uma gramínea nativa do continente africano, comum nos vales férteis com precipitação anual superior a 1.000 mm. Foi introduzido no Brasil no início do século XX pelo Coronel Napier e, atualmente, é cultivado em quase todo país (Meinerz et al., 2011; Cruz et al., 2010; Freitas, 2004; Daher et al., 2000; Pereira et al., 2008; Vitor et al., 2009; Bennet, 1976). Sua alta produtividade aliada à sua constituição morfológica tem despertado o interesse do setor energético. Esta gramínea possui colmo bastante parecido com o da cana-de-açúcar, cujo bagaço tem sido usado com sucesso na produção de energia, principalmente na indústria sucroalcooleira e, se manejada de forma adequada, apresenta elevada produção de matéria seca e altos teores de fibra, lignina e celulose (Botrel et al., 2000; Zanetti, 2009), características que fazem do capim-elefante uma fonte de biomassa em potencial para geração de energia por meio da combustão direta, sendo o setor ceramista um possível beneficiado.

O município de Campos dos Goytacazes, situado na região norte do estado do Rio de Janeiro, é um dos maiores polos ceramistas do país. São mais de 100 indústrias que geram aproximadamente 6.000 empregos diretos e a grande maioria destas Cerâmicas utiliza a queima de madeira (eucalipto) para geração de calor (Alexandre et al., 2007; Ramos et al., 2006). De acordo com Silva e Rocha (2010), o capim-elefante é uma opção mais barata do que eucalipto, podendo substituir o mesmo. Contudo, a espécie abriga grande variabilidade genética (Pereira et al., 2008; Freitas et al., 2000), o que torna necessária a realização de estudos na região em que o capim-elefante será cultivado (Ledo et al., 2003).

No presente trabalho objetivou-se avaliar o efeito de genótipos, ambientes (dois cortes) e da interação entre estes fatores por meio de características morfoagronômicas (altura, número de plantas e diâmetro do colmo, percentual e produtividade de matéria seca) e da qualidade de biomassa (%Fibra em Detergente Ácido, %Lignina, %Celulose e %Cinzas).

### 3.2.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área de convênio do Centro Estadual de Pesquisas em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos (Pesagro - Rio) com a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), localizada em Campos dos Goytacazes, RJ, (21°19' de latitude Sul e 41°19' de longitude Oeste) a 13 m de altitude. O clima é do tipo Aw, tropical quente e úmido, com período seco no inverno, chuvoso no verão e precipitação anual em torno de 1.152 mm (Köppen 1948). O solo apresenta as seguintes características: pH 5,5; fósforo ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) 18; potássio ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) 83; Ca ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) 4,6; Mg ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) 3,0; Al ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) 0,1; H + Al ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) 4,5 e C (%) 1,6.

Os 73 genótipos de capim-elefante (Tabela 1) foram avaliados no delineamento em blocos casualizados com duas repetições. A parcela foi formada por uma linha de 5,5 m com espaçamento de 2 m, totalizando  $11\text{m}^2$ . A parcela útil foi de 1m no interior destes 5,5m resultando em  $2\text{m}^2$ . O plantio ocorreu nos dias 23 e 24 de fevereiro de 2011 utilizando colmos inteiros, distribuídos nos sulcos aos pares no sistema pé com ponta. Após a distribuição dos colmos, estes foram toletados em pedaços contendo duas ou três gemas.

Na adubação de plantio foi disponibilizado para cada linha 60 g de super fosfato superfosfato simples e 50 dias após o plantio bem como imediatamente após os cortes foi realizada adubação de cobertura utilizando 70g de ureia e 40g de KCl por linha, correspondendo a 28,6 kg de N e 24 kg de  $\text{K}_2\text{O}$  por ha. No dia 15 dezembro de 2011 foi efetuado um corte de uniformização, nesta ocasião realizou-se um replantio visando minimizar as falhas nas linhas de plantio. O primeiro e segundo cortes de avaliação foram efetuados nos dias 11 junho e 19 de dezembro de 2012, respectivamente.

Tabela 1- relação dos genótipos presentes no Banco Ativo de Germoplasma de Capim-elefante (BAGCE) CCTA/UENF.

GENÓTIPO	GENÓTIPO
Elefante da Colômbia	T 241 Piracicaba
BAGCE 2	BAGCE 51
Três Rios	Elefante Cachoeiro Itapemirim
Napier Volta Grande	Capim Cana D'África
Mercker Santa Rita	Gramafante
Pusa Napier Nº 2	Roxo
Gigante de Pinda	Guaco/I.Z.2
Napier Goiano	Cuba-115
Mercker S. E. A	Cuba-116
Taiwan A-148	King Grass
Porto Rico 534-B	Roxo Botucatu
Taiwan A-25	Mineirão IPEACO
Albano	Vruckwona Africano
Pusa Gigante Napier	Cameroon
Elefante Híbrido 534-A	BAGCE 69
Costa Rica	Guaçu
Cubano Pinda	Napierzinho
Mercker Pinda	IJ 7125
Mercker Pinda México	IJ 7136
Mercker 86 México	IJ 7139
Napier S.E.A.	Goiano
Taiwan A-143	CAC 262
Pusa Napier Nº 1	Ibitinema
Elefante de Pinda	Australiano
Mineiro	13 AD
Mole de Volta Grande	10 AD IRI
Porto Rico	07 AD IRI
Napier	Pasto Panamá
Mercker Comum	BAGCE 92
Teresópolis	05 AD IRI
Taiwan A-46	13 AD IRI
Duro de Volta Grande	03 AD IRI
Mercker Comum Pinda	02 AD IRI
Turrialba	08 AD IRI
Taiwan A-146	BAG 86
Taiwan A-121	BAG 87
Vruckwona	

Na ocasião dos cortes foram avaliadas as seguintes características: altura (cm), estimada uma altura média para as plantas de cada linha de plantio, com utilização de régua de madeira graduada; número de perfilhos por metro linear,

realizou-se contagem das perfilhos basais situados dentro da área útil da parcela e diâmetro do colmo (mm), as aferições foram realizadas com o auxílio de paquímetro na região entrenó a aproximadamente 10 cm do solo. O percentual e a produtividade de matéria seca ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) foram estimados nos dois cortes de avaliação. Para tal, a biomassa das parcelas foi pesada fresca, sem separar caule e folhas, e logo após foram retiradas subamostras. Estas foram picadas e acondicionadas em sacos de papel para secagem em estufa a  $65^{\circ}\text{C}$  por 72 horas. Posteriormente, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm e uma subamostra de aproximadamente 2g foi levada à estufa de secagem por 16h a  $105^{\circ}\text{C}$ . Além da produção de matéria seca em cada corte, foi estimada a produtividade anual, por meio da adição da MS dos cortes e verificado qual a proporção da produção anual foi oriunda da primeira época de cultivo. Os percentuais das características relacionadas à qualidade da biomassa: fibra em detergente ácido (FDA), Celulose, Lignina e Cinzas foram obtidas via análise de amostras coletadas no primeiro corte, realizada em aparelho de Espectrometria Infravermelho Próximo (NIRS) no Laboratório de Análise de Alimentos da Embrapa Gado de Leite. As análises estatísticas foram realizadas por meio do programa Genes (Cruz, 2006). Procedeu-se análise de variância simples (ANOVA), para cada variável em cada avaliação, de acordo com o seguinte modelo  $Y_{ij} = m + G_i + B_j + e_{ij}$  em que:  $Y_{ij}$  representa a observação do  $i$ -ésimo genótipo no  $j$ -ésimo bloco;  $m$  representa uma constante geral associada a esta variável aleatória;  $G_i$  representa o efeito do  $i$ -ésimo genótipo;  $B_j$  representa o efeito do  $j$ -ésimo bloco; e  $e_{ij}$  representa o erro experimental associado à observação  $Y$ . Posteriormente foram agrupadas as médias dos genótipos para cada variável dentro de cada avaliação utilizando teste Scott e Knott (1974).

### 3.2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.2.3.1. CARACTERÍSTICAS MORFOAGRONÔMICAS

O resultado das análises de variância realizadas para as características altura de plantas, número de perfilhos por metro linear e diâmetro de colmo nos dois cortes de avaliação encontra-se na Tabela 2. Verifica-se que no primeiro corte as três características avaliadas apresentaram diferenças significativas

( $P < 0,01$ ), enquanto no segundo corte a mesma significância foi observada para as características altura e número de plantas, sendo que a variável diâmetro de colmo não apresentou diferença significativa em nível de 5% de probabilidade segundo teste F.

A altura das plantas de capim-elefante é uma variável importante, pois segundo Xia et al. (2010) ela é positivamente correlacionada com a produção de matéria seca. De acordo com os dados da análise de variância é possível perceber que a primeira época de cultivo (de dezembro/2011 a junho/2012), de modo geral, foi mais favorável ao crescimento das plantas de capim-elefante, uma vez que a altura média observada foi de 336,37 cm, valor bem maior do que se verificou no segundo corte (183,25 cm). Este fato provavelmente se deu por consequência da maior pluviosidade (537,4 mm) observada no primeiro ciclo de crescimento. Alguns trabalhos têm demonstrado que existe uma relação direta entre a disponibilidade de água no solo e a altura das plantas de capim-elefante, tanto na época seca quanto na época chuvosa (Mota et al., 2010; Mota et al., 2011). Para o coeficiente de variação se observou comportamento inverso, pois houve um aumento de 6,37% para 16,14% da primeira para a segunda avaliação, possivelmente por ocorrência de maior homogeneidade de crescimento das plantas no primeiro ciclo, pois este foi mais favorável ao desenvolvimento das mesmas. Kannika et al. (2011) avaliando o efeito do intervalo entre cortes em algumas características de capim-elefante, observaram crescimento nos três genótipos estudados até 12 meses de idade, sendo que aos seis meses observaram para um dos genótipos 438 cm de altura, valor alto comparado ao encontrado no presente trabalho.

De acordo com o teste de agrupamento de médias Scott e Knott (1974) (Tabela 3), a característica altura formou dois grupos (A e B) na primeira avaliação, sendo que o grupo A variou de 375 cm verificado para o genótipo Roxo Botucatu a 333 cm, para o genótipo Mineirão IPEACO. Neste intervalo, ficaram compreendidos 47 dos 73 genótipos avaliados. Os demais compuseram o grupo B com valores entre 330 cm para o genótipo Vruckwona Africano e 278 cm referente ao genótipo 13 AD RI. Segundo o mesmo teste, houve formação de dois grupos para esta variável também no segundo corte.

Tabela 2 - Resumo das análises de variância realizadas para as características morfológicas avaliadas no 1º e 2º cortes envolvendo os 73 genótipos de capim-elefante em Campos dos Goytacazes,- RJ, 2012.

		Quadrados Médios					
		1º CORTE			2º CORTE		
FV	GL	ALT (cm)	NP	DM (mm)	ALT (cm)	NP	DM (mm)
Blocos	1	1151.37	407.78	10.42	773.26	36.50	2.74
Tratamentos	72	912.86 **	444.32 **	7.76 **	1591.52 **	177.40 **	7.00 ns
Resíduo	72	459.70	147.36	3.46	874.37	80.39	6.06
Média		336.37	37.18	17.38	183.25	35.25	12.32
CV(%)		6.37	32.65	10.70	16.14	25.43	19.99

ALT = altura da planta (cm); NP = número de perfilhos por metro linear; DM = diâmetro médio (mm); \*\* = Significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F; ns = Não significativo; CV(%) = Coeficiente de variação.

No grupo A, a maior altura foi registrada para o genótipo King Grass (242 cm) e a menor, dentro deste grupo para o Taiwan A-121 (180 cm) e no grupo B a maior altura foi observada para o 05 AD IRI (175 cm) e a menor para o Pusa Gigante Napier (127 cm), deixando evidente que o período de dezembro de 2011 a junho de 2012 foi mais propício ao crescimento do que de junho 2012 a dezembro do mesmo ano.

Para a variável número de perfilhos houve decréscimo do coeficiente de variação de 32,65% na primeira avaliação para 25,43% na segunda (Tabela 2). Silva et al., (2010) também verificaram valor de CV alto (27,25) para esta variável, assim como Mello et al. (2002) que na estação chuvosa encontraram CV igual a 23,9% e na estação seca 29,3%. Tais resultados indicam que apesar da classificação de Pimentel Gomes (2009) definir estes valores de CV como altos, eles são comuns e aceitáveis para esta característica. Com relação à média de perfilhos por metro linear, considerando os 73 genótipos estudados houve um moderado declínio de uma avaliação para outra, passando de 37,18 na primeira para 35,25 na segunda avaliação. Ambos os valores próximos ao encontrado por Mello et al. (2002), que avaliando 71 clones de capim-elefante encontraram média próxima de 32 perfilhos na estação chuvosa e de 38 na estação seca. Segundo Daher et al. (2004), a característica número de perfilhos por metro linear possui relação diretamente proporcional com o potencial de produtividade. Além disto, verifica-se, para a característica, alta herdabilidade favorecendo sua transferência por cruzamentos em programas de melhoramento da espécie (Silva et al., 2010).

Na primeira avaliação realizada o teste de Scott-Knott detectou diferença entre genótipos quanto ao número de perfilhos por metro linear, sendo possível dividi-los em dois grupos, o grupo de genótipos com mais perfilhos foi limitado superiormente pelo genótipo Mole de Volta Grande com 73 perfilhos por metro linear e inferiormente pelo genótipo Elefante da Colômbia que apresentou 42 perfilhos. Enquanto no grupo B os genótipos que o limitaram foram o King Grass e o BAGCE 69 com 40 e 13 perfilhos, respectivamente.

Grande amplitude no número de perfilhos/metro também foi verificada por Silva et al. (2010). Estes autores verificaram que entre os genótipos por eles estudados, houve variação de 10 até 60 perfilhos/metro. Mello et al. (2002), além

de encontrar grande amplitude de número de perfilhos/metro, corroborando o presente trabalho, verificaram que esta amplitude foi maior na época seca.

Tabela 3 - Valores médios das características: Altura (ALT) em cm, número de perfilhos por metro linear (NP), Diâmetro do colmo (DM) em mm, avaliadas em duas épocas de corte em 73 genótipos de capim-elefante em Campos dos Goytacazes, RJ.

GENÓTIPO	1º CORTE				2º CORTE			
	ALT	NP	DM		ALT	NP	DM	
Elefante da Colômbia	350	A 42	A 18	B	192	A 46	A 15	A
BAGCE 2	360	A 36	B 18	B	222	A 23	A 14	A
Três Rios	345	A 46	A 18	A	210	A 64	A 13	A
Napier Volta Grande	310	B 15	B 16	B	162	B 36	A 13	A
Mercker Santa Rita	320	B 47	A 17	B	147	B 46	A 12	A
Pusa Napier Nº 2	320	B 44	A 17	B	192	A 39	A 11	A
Gigante de Pinda	320	B 71	A 17	B	190	A 68	A 11	A
Napier Goiano	315	B 39	B 16	B	170	B 29	A 11	A
Mercker S. E. A	320	B 29	B 16	B	167	B 36	A 10	A
Taiwan A-148	360	A 47	A 17	B	202	A 48	A 11	A
Porto Rico 534-B	363	A 48	A 18	A	210	A 49	A 12	A
Taiwan A-25	335	A 44	A 19	A	212	A 37	A 12	A
Albano	375	A 19	B 20	A	210	A 26	A 13	A
Pusa Gigante Napier	338	A 32	B 17	B	127	B 45	A 12	A
Elefante Híbrido 534-A	335	A 15	B 19	A	150	B 34	A 13	A
Costa Rica	350	A 31	B 19	A	170	B 20	A 13	A
Cubano Pinda	343	A 21	B 18	A	217	A 38	A 14	A
Mercker Pinda	308	B 27	B 19	A	127	B 38	A 16	A
Mercker Pinda México	310	B 28	B 17	B	127	B 42	A 12	A
Mercker 86 México	345	A 25	B 20	A	140	B 26	A 10	A
Napier S.E.A.	325	B 55	A 16	B	150	B 34	A 12	A
Taiwan A-143	348	A 29	B 18	B	157	B 32	A 9	A
Pusa Napier Nº 1	363	A 26	B 20	A	177	B 27	A 12	A
Elefante de Pinda	335	A 45	A 16	B	145	B 37	A 9	A
Mineiro	335	A 51	A 15	B	165	B 39	A 9	A
Mole de Volta Grande	343	A 73	A 16	B	197	A 28	A 10	A
Porto Rico	338	A 67	A 15	B	130	B 54	A 7	A
Napier	335	A 39	B 17	B	172	B 35	A 8	A
Mercker Comum	318	B 35	B 15	B	170	B 27	A 12	A
Teresópolis	325	B 34	B 15	B	190	A 46	A 9	A
Taiwan A-46	345	A 28	B 17	B	210	A 39	A 11	A
Duro de Volta Grande	348	A 44	A 16	B	225	A 36	A 11	A
Mercker Comum Pinda	340	A 59	A 15	B	162	B 37	A 11	A
Turrialba	348	A 19	B 18	A	192	A 28	A 13	A

Tabela 3 – Cont.,

GENÓTIPO	1º CORTE			2º CORTE		
	ALT	NP	DM	ALT	NP	DM
Vrukwna	350	A 30	B 17	B 195	A 27	A 12
Taiwan A-146	353	A 40	B 18	A 185	A 38	A 16
Taiwan A-121	348	A 33	B 16	B 180	A 40	A 11
T 241 Piracicaba	340	A 39	B 21	A 187	A 32	A 11
BAGCE 51	348	A 26	B 17	B 185	A 29	A 12
Elef. Cach. Itapemirim	335	A 37	B 17	B 157	B 27	A 10
Capim Cana D'África	360	A 23	B 21	A 165	B 23	A 13
Gramafante	320	B 64	A 19	A 187	A 36	A 12
Roxo	355	A 16	B 17	B 190	A 29	A 13
Guaco/l.Z.2	363	A 24	B 21	A 225	A 28	A 12
Cuba-115	368	A 34	B 21	A 192	A 41	A 13
Cuba-116	365	A 36	B 17	B 187	A 35	A 15
King Grass	370	A 40	B 19	A 242	A 30	A 15
Roxo Botucatu	375	A 23	B 20	A 210	A 28	A 16
Mineirão IPEACO	333	A 52	A 15	B 215	A 30	A 13
Vruckwna Africano	330	B 35	B 17	B 130	B 33	A 13
Cameroon	363	A 25	B 18	A 230	A 28	A 14
BAGCE 69	320	B 13	B 20	A 207	A 32	A 16
Guaçu	305	B 20	B 19	A 237	A 28	A 14
Napierzinho	340	A 71	A 15	B 185	A 42	A 12
IJ 7125	345	A 59	A 16	B 190	A 40	A 13
IJ 7136	300	B 42	A 16	B 172	B 36	A 14
IJ 7139	345	A 34	B 22	A 205	A 30	A 13
Goiano	290	B 27	B 16	B 195	A 34	A 10
CAC 262	340	A 60	A 14	B 155	B 26	A 11
Ibitinema	323	B 49	A 18	A 210	A 39	A 12
Australiano	323	B 48	A 16	B 207	A 48	A 12
13 AD	288	B 64	A 14	B 185	A 51	A 11
10 AD IRI	333	A 46	A 17	B 142	B 27	A 14
07 AD IRI	320	B 31	B 17	B 185	A 41	A 12
Pasto Panamá	360	A 26	B 19	A 182	A 33	A 11
BAGCE 92	315	B 31	B 14	B 172	B 39	A 9
05 AD IRI	338	A 59	A 16	B 177	B 39	A 12
13 AD IRI	278	B 48	A 15	B 165	B 40	A 13
03 AD IRI	360	A 19	B 20	A 220	A 26	A 10
02 AD IRI	363	A 20	B 20	A 155	B 19	A 11
08 AD IRI	298	B 35	B 14	B 155	B 21	A 12
BAG - 86	318	B 25	B 22	A 190	A 21	A 12
BAG - 87	323	B 20	B 18	A 222	A 22	A 14

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Scott-Knott

Diâmetro do colmo é uma característica importante, uma vez que além de apresentar correlação positiva com produção de matéria seca (Xia et al., 2010), apresenta efeito direto sobre esta característica (Daher et al., 2004). No presente trabalho, tal variável apresentou diferença significativa entre os genótipos estudados apenas no primeiro corte ( $P < 0,01$ ) quando o coeficiente de variação foi igual a 10,70% e a média 17,38. Silva et al. (2010) em experimento realizado na Zona da Mata do Pernambuco observaram valor médio inferior aos deste trabalho (10,78 mm). Estes mesmos autores estimaram herdabilidade de 77,08% para esta característica, indicando a possibilidade de uso de genótipos com diâmetros elevados no programa de melhoramento da espécie.

Em avaliação realizada no segundo corte, foi verificado aumento do coeficiente de variação para 19,99% e decréscimo da média para 12,32 mm, sugerindo que, assim como aconteceu para a variável altura, a primeira época de cultivo foi mais propícia ao desenvolvimento das plantas. O diâmetro médio dos colmos variou de 22 a 14 mm, estando os mesmos divididos em dois grupos. No grupo A foram alocados tratamentos que apresentaram diâmetro variando de 22 a 18 mm, representados respectivamente, pelos genótipos BAG-86 e Três Rios. Os tratamentos que apresentaram diâmetro inferior a 18 mm foram enquadrados no grupo B, no qual, os menores valores foram verificados para os genótipos BAGCE 92, CAC 262, 13 AD e 08 AD IRI. Na segunda avaliação não foram detectadas diferenças pelo teste de Scott-Knott. Aparentemente a diferenciação dos genótipos foi menor no período de junho a dezembro, período em que as plantas apresentaram menores valores médios para altura, número de plantas e diâmetro do colmo (Tabela 2).

As células vegetais podem ser constituídas de até 90% de água, portanto se faz necessário conhecer o percentual de matéria seca (%MS) da biomassa gerada. Para uso na geração de energia por meio da combustão direta, interessam materiais com altos percentuais de matéria seca. No presente estudo não foi observado, para esta característica, diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os genótipos em nenhum dos dois cortes (Tabela 4), corroborando com Santos et al. (2011), que estudaram ainda o comportamento de quatro clones de capim-elefante submetidos a períodos controlados de restrição hídrica e observaram que o percentual de MS respondeu de forma direta ao acréscimo no período sem irrigação. Porém, no presente estudo a média geral do %MS foi reduzida de 30,11

no primeiro corte para 27,36 no segundo, sugerindo que no período em que as plantas tiveram seu desenvolvimento prejudicado pela menor quantidade de chuva, as mesmas apresentaram características de plantas mais jovens, portanto menor %MS.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância em blocos ao acaso das características percentual de matéria seca (%MS) e produtividade de matéria seca (PMS) em  $\text{Mg ha}^{-1}$  avaliada em 73 genótipos de capim-elefante em Campos dos Goytacazes – RJ, 2012.

FV	GL	Quadrados Médios				
		1º CORTE		2º CORTE		ANUAL
		%MS	PMS	%MS	PMS	PMS
Blocos	1	78.77	119.34	8.53	9.98	198.64
Tratamentos	72	34.61 <sup>ns</sup>	85.82 <sup>**</sup>	17.78 <sup>ns</sup>	18.68 <sup>**</sup>	122.46 <sup>**</sup>
Resíduo	72	23.44	41.53	18.92	8.51	52.44
Média		30.11	21.44	27.36	10.86	32.30
CV		16.08	30.06	15.90	26.86	22,42

\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ns não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Mesmo a variável não tendo apresentado diferenças significativas foi realizado teste de agrupamento de médias de Scott-Knott apresentado na Tabela 5, na qual é possível observar os valores médios para %MS dos genótipos.

A produtividade de matéria seca (PMS) apresentou diferença significativa ( $P < 0,01$ ) para o primeiro e segundo corte, bem como para a produtividade anual com os respectivos CV de 30,06%, 26,86% e 22,42% (Tabela 4).

De acordo com o agrupamento realizado pelo teste de Scott-Knott (Tabela 5) foi possível formar para esta variável, dois grupos (A e B) para os dois cortes e para a produtividade anual. No primeiro corte o grupo A compreendeu apenas 23 dos 73 genótipos avaliados, neste grupo a maior produtividade observada foi  $44,8 \text{ Mg ha}^{-1}$  e a menor  $23,95 \text{ Mg ha}^{-1}$  nos genótipos Napier Volta Grande e 07 AD IRI respectivamente, e no segundo grupo ficaram os 50 tratamentos remanescentes. A produção de MS neste grupo variou de  $23,1 \text{ Mg ha}^{-1}$  para o genótipo Taiwan A-121 a  $10,85 \text{ Mg ha}^{-1}$  para genótipo Elefante Híbrido 534-A. A produtividade média verificada neste corte foi de  $21,44 \text{ Mg ha}^{-1}$ , média próxima à encontrada por Botrel et al. (2000) e baixa se comparada à verificada por Flores et al. (2012)

Tabela 5 - Valores médios da produção de matéria seca do primeiro corte (junho), do segundo (dezembro), da produtividade anual (primeiro + segundo corte) e a relação entre o primeiro corte e o total anual avaliados em 73 genótipos de capim-elefante em Campos dos Goytacazes, RJ, 2012.

GENÓTIPO	1º CORTE		2º CORTE		ANUAL	A/B * 100
	% MS	PMS (A)	%MS	PMS	PMS (B)	
Cubano Pinda	33.80 A	34.00 A	32.80 A	17.81 A	51.75 A	65.7
Napier Volta Grande	30.83 A	44.80 A	20.25 A	6.23 B	51.05 A	87.8
Porto Rico 534-B	31.92 A	30.25 A	34.50 A	17.66 A	47.95 A	63.1
Taiwan A-146	29.44 A	27.75 A	30.00 A	19.76 A	47.55 A	58.4
King Grass	25.70 A	32.50 A	25.10 A	13.42 A	45.95 A	70.7
Albano	33.87 A	34.30 A	32.15 A	11.52 A	45.85 A	74.8
Cuba-115	27.29 A	31.60 A	32.05 A	13.98 A	45.60 A	69.3
Taiwan A-148	30.33 A	28.85 A	31.10 A	15.99 A	44.85 A	64.3
Cuba-116	32.44 A	30.50 A	30.20 A	12.64 A	43.15 A	70.7
Taiwan A-46	37.97 A	27.70 A	26.80 A	14.77 A	42.50 A	65.2
Napierzinho	36.37 A	29.10 A	25.10 A	11.59 A	40.70 A	71.5
Duro de Volta Grande	34.58 A	28.65 A	24.95 A	11.89 A	40.55 A	70.7
Pasto Panamá	31.35 A	30.50 A	25.95 A	9.51 B	40.05 A	76.2
Pusa Napier Nº 1	33.82 A	32.90 A	24.00 A	7.11 B	40.00 A	82.3
Vrukwona	34.10 A	31.15 A	29.70 A	8.64 B	39.80 A	78.3
Gigante de Pinda	31.56 A	25.80 A	29.00 A	13.98 A	39.75 A	64.9
IJ 7136	35.30 A	25.85 A	27.95 A	12.83 A	38.70 A	66.8
Mole de Volta Grande	37.87 A	26.95 A	31.20 A	10.26 B	37.25 A	72.3
Elefante da Colômbia	32.98 A	22.25 B	27.60 A	14.88 A	37.05 A	60.1
Guaco/I.Z.2	34.84 A	24.30 A	27.05 A	11.33 A	35.60 B	68.3
02 AD IRI	29.41 A	24.95 A	27.10 A	10.25 B	35.20 B	70.9
Três Rios	23.91 A	20.45 B	25.95 A	14.73 A	35.20 B	58.1
BAG - 87	24.64 A	18.10 B	28.35 A	16.85 A	34.95 B	51.8
BAG - 86	31.22 A	21.50 B	31.05 A	12.88 A	34.40 B	62.5
Gramafante	27.49 A	22.15 B	29.70 A	12.04 A	34.20 B	64.8
03 AD IRI	29.77 A	20.90 B	27.70 A	13.14 A	34.00 B	61.5
CAC 262	32.31 A	25.85 A	26.60 A	8.17 B	34.00 B	76.0
IJ 7125	29.52 A	19.40 B	31.40 A	14.22 A	33.60 B	57.7
Taiwan A-121	34.07 A	23.10 B	24.10 A	10.14 B	33.25 B	69.5
Mercker Comum Pinda	27.81 A	19.90 B	29.05 A	13.08 A	32.95 B	60.4
13 AD IRI	33.72 A	21.60 B	29.90 A	11.24 A	32.85 B	65.8
Mercker Pinda México	31.15 A	20.30 B	27.45 A	12.07 A	32.40 B	62.7
07 AD IRI	27.63 A	23.95 A	21.85 A	8.28 B	32.25 B	74.3
Mineirão IPEACO	31.21 A	20.05 B	28.95 A	11.54 A	31.60 B	63.4
Roxo Botucatu	28.41 A	21.05 B	27.30 A	10.14 B	31.20 B	67.5
T 241 Piracicaba	25.87 A	21.10 B	26.20 A	9.96 B	31.05 B	68.0
Capim Cana D'África	30.13 A	24.15 A	23.70 A	6.83 B	31.00 B	77.9

Tabela 5 Cont.,

GENÓTIPO	1º CORTE		2º CORTE		ANUAL	A/B
	%MS	PMS	%MS	PMS	PMS	*100
Vruckwona Africano	27.91	A 17.80 B	31.70	A 13.12 A	30.95	B 57.5
IJ 7139	22.23	A 18.95 B	26.25	A 11.94 A	30.90	B 61.3
Australiano	30.56	A 18.45 B	26.20	A 12.33 A	30.70	B 60.1
13 AD	35.56	A 18.40 B	29.05	A 11.68 A	30.05	B 61.2
Mineiro	30.88	A 18.95 B	28.15	A 11.08 A	30.00	B 63.2
Turrialba	29.11	A 19.60 B	27.20	A 10.34 B	29.95	B 65.4
10 AD IRI	32.34	A 20.60 B	28.80	A 8.69 B	29.25	B 70.4
BAGCE 2	29.74	A 19.70 B	26.20	A 9.40 B	29.10	B 67.7
Guaçu	28.86	A 14.95 B	25.60	A 13.75 A	28.70	B 52.1
Ibitinema	31.00	A 16.25 B	27.75	A 11.98 A	28.25	B 57.5
Mercker 86 México	32.12	A 21.55 B	25.35	A 6.42 B	27.95	B 77.1
Cameroon	19.86	A 13.45 B	30.60	A 13.73 A	27.25	B 49.4
Napier S.E.A.	33.94	A 19.40 B	25.75	A 7.80 B	27.15	B 71.5
Costa Rica	25.77	A 18.45 B	24.00	A 8.59 B	27.05	B 68.2
Mercker Pinda	26.85	A 17.95 B	28.60	A 8.87 B	26.80	B 67.0
Mercker S. E. A	31.84	A 19.20 B	28.80	A 7.28 B	26.45	B 72.6
BAGCE 69	31.11	A 17.20 B	23.85	A 9.05 B	26.25	B 65.5
Elefante de Pinda	29.69	A 18.35 B	26.30	A 7.89 B	26.25	B 69.9
Taiwan A-25	29.42	A 19.35 B	19.25	A 6.82 B	26.15	B 74.0
05 AD IRI	23.61	A 15.25 B	26.35	A 10.86 B	26.10	B 58.4
BAGCE 51	19.48	A 14.55 B	31.30	A 11.55 A	26.10	B 55.7
Teresópolis	28.19	A 15.80 B	24.75	A 10.10 B	25.90	B 61.0
08 AD IRI	37.83	A 15.90 B	27.10	A 9.57 B	25.45	B 62.5
Porto Rico	30.43	A 20.10 B	29.30	A 5.33 B	25.45	B 79.0
BAGCE 92	30.88	A 15.70 B	27.10	A 9.31 B	25.00	B 62.8
Napier Goiano	27.08	A 13.65 B	26.55	A 11.18 A	24.85	B 54.9
Mercker Santa Rita	31.96	A 16.30 B	26.25	A 8.07 B	24.40	B 66.8
Pusa Napier Nº 2	33.43	A 17.55 B	25.15	A 6.57 B	24.10	B 72.8
Goiano	32.88	A 13.30 B	22.85	A 10.57 B	23.90	B 55.6
Elefante Híbrido 534-A	18.09	A 10.85 B	31.20	A 12.79 A	23.60	B 46.0
Taiwan A-143	27.26	A 16.25 B	23.75	A 6.17 B	22.50	B 72.2
Elefante Cach. Itapemirim	24.35	A 13.45 B	29.15	A 7.53 B	21.00	B 64.0
Napier	33.92	A 13.65 B	27.05	A 7.31 B	21.00	B 65.0
Pusa Gigante Napier	26.01	A 12.25 B	27.15	A 8.33 B	20.55	B 59.6
Mercker Comum	33.78	A 12.40 B	28.50	A 7.70 B	20.10	B 61.7
Roxo	25.77	A 11.10 B	20.60	A 7.78 B	18.85	B 58.9

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si segundo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

sendo que este último avaliou a produtividade dos genótipos Roxo e Paraíso sem a adição de nitrogênio e com a adubação nitrogenada. Nos dois casos, os autores encontraram maiores médias que no presente estudo. Porém, os genótipos que

se mostraram mais produtivos neste trabalho apresentaram alta produtividade, até mesmo quando comparado aos estudados por Flores et al. (2012).

No segundo corte, os genótipos que apresentaram produção de MS entre 19,76 (Taiwan A-146) e 11,08 Mg ha<sup>-1</sup> (Mineiro) formaram o grupo A, neste grupo encontraram-se 36 genótipos. E o grupo B variou de 10,86 Mg ha<sup>-1</sup> para o genótipo 05 AD IRI a 5,33 Mg ha<sup>-1</sup> observado para o genótipo Porto Rico. A produção média de matéria seca foi reduzida quase à metade quando se compara a observada no primeiro com a do segundo corte. Este fato pode ter ocorrido devido à distribuição atípica das chuvas no ano de 2012, no qual se verificou menor pluviosidade (Tabela 6) durante a época de crescimento das plantas para o segundo corte. Santos et al. (2011) também observaram que o estresse causado pela falta de irrigação em quatro clones de capim-elefante causou decréscimo na produtividade média de matéria seca.

Tabela 6 - Dados pluviométricos (mm) organizados em meses coletados nas proximidades da área experimental durante a execução do trabalho.

2011				2012			
Jan	—	Jul	7,2	Jan	216,5	Jul	5,9
Fev	0,5	Ago	16,1	Fev	11,7	Ago	59,8
Mar	211,5	Set	15,5	Mar	73,6	Set	21,6
Abr	25,4	Out	98,0	Abr	14,4	Out	12,5
Mai	41,0	Nov	81,3	Mai	147,2	Nov	134
Jun	12,2	Dez	114,3	Jun	74	Dez	2,9
Total	290,6	Total	332,4	Total	537,4	Total	236,4

Fonte: Estação evapotranspirométrica do Centro Estadual de Pesquisa em Agroenergia e Aproveitamento de resíduos – Pesagro – Rio, Campos dos Goytacazes-RJ.

Neste estudo, dos 73 genótipos avaliados, 59 apresentaram 60% ou mais do total anual da produtividade de MS no primeiro corte e dos 19 tratamentos que formaram o grupo A para a produtividade anual, 18 estavam no A também no primeiro corte, evidenciando que este corte foi o mais expressivo entre os dois. A diferença na produtividade entre os dois cortes por consequência da falta de chuva corrobora com a ocorrência de sazonalidade na cultura relatada na literatura. Nascimento et al. (2008), trabalhando com a cultivar Cameroon, verificaram que 55% da produção anual de matéria seca ocorreu na época das chuvas. Botrel et al. (2000) observaram efeito muito mais acentuado para a

sazonalidade ao avaliar vinte novos clones de capim-elefante, verificando que a produtividade de matéria seca na época chuvosa representou de 76 a 89% da produção anual.

Quanto à produção anual de MS, o teste de agrupamento estabeleceu dois grupos de genótipos, de modo que o primeiro grupo foi formado por 20 genótipos que produziram entre 54,2 e 37,1 Mg ha<sup>-1</sup>, correspondente aos genótipos Cubano Pinda e Elefante da Colômbia. Os demais compuseram o grupo B, no qual a maior produtividade foi observada para o Três Rios (35,2 Mg ha<sup>-1</sup>) e a menor para o Roxo (18,85 Mg ha<sup>-1</sup>). É importante salientar que concomitante à alta produtividade deve-se buscar genótipos que apresentem uma boa estabilidade de produção (Daher et al., 2003). Neste estudo foi possível verificar que os genótipos: Cubano Pinda, King Grass, Albano, Cuba-115, Taiwan A-148, Cuba-116, Taiwan A-46, Napierzinho, Duro de Volta Grande, Guaco/I.Z.2, Pasto Panamá, Pusa Napier Nº 1, Gigante de Pinda, Vrukwona, IJ 7136, além de estarem no grupo com maior produtividade anual, estiveram no grupo A também no primeiro e segundo corte, o que pode ser visto como uma tendência a apresentar boa produtividade mesmo quando as condições não são muito propícias ao bom desenvolvimento das plantas, ou seja, na época seca do ano.

### 3.2.3.2. QUALIDADE DE BIOMASSA

Para as características percentagem de cinzas (%CIN), de celulose (%CEL) e de fibras em detergente ácido (%FDA) não houve efeito significativo para tratamento segundo teste F (Tabela 7). Dentre as quatro características avaliadas somente para %lignina se verificou efeito significativo ( $P < 0,01$ ), indicando que esta é uma característica viável para utilização na seleção de materiais mais adequados para produção de energia por meio de combustão direta.

Os valores médios das características estudadas, agrupados segundo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ) são apresentados na tabela 8 mesmo para as características que não apresentaram diferença de acordo com o teste F.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância em blocos ao acaso das características %cinzas (CIN), %celulose (CEL), %fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) avaliadas em 73 genótipos de Capim-elefante em Campos dos Goytacazes – RJ, 2012.

FV	GL	Quadrados Médios			
		CIN	CEL	FDA	LIG
Blocos	1	0.0061	23.6892	7.9878	0.6405
Tratamentos	72	1.1970 <sup>ns</sup>	2.5714 <sup>ns</sup>	5.7152 <sup>ns</sup>	2.5644 <sup>**</sup>
Resíduo	72	1.1144	2.1362	4.7904	1.1433
Média		8.97	42.83	51.12	6.26
CV (%)		11.77	3.41	4.28	17.09

\*\* significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; ns não significativo ( $P > 0,05$ ) pelo teste F

O percentual médio de cinza deve ser considerado na escolha de material a ser utilizado na produção de energia por combustão direta por influenciar nas características operacionais da conversão da biomassa em energia (McKendry, 2002). No presente trabalho esta variável não apresentou diferença significativa em nível de 5% de probabilidade segundo teste F corroborando com Quesada et al. (2004). A média geral observada para a variável foi de 8,97, valor próximo ao verificado por Flores et al. (2012), que avaliaram a qualidade da biomassa de capim-elefante em ambiente de cerrado. Segundo estes autores estes valores são aceitáveis para a utilização na combustão direta. Porém, são altos quando comparado à média de 2,57% encontrada por Zanetti et al., 2009 e de 3,0 e 2,6% encontrados por Morais et al., (2009a), que estudaram cinco genótipos de capim-elefante para geração de bioenergia por combustão direta em dois tipos de solo. Kannika et al. (2011) observaram que com o aumento do intervalo de corte o teor de cinzas diminui. Estes autores verificaram que quando os genótipos de capim-elefante estudados atingiram seis meses de idade o teor médio de cinzas apresentado foi de 7,3%. O CV encontrado neste estudo foi 11,77%, valor próximo ao verificado por Zanetti et al. (2009) para mesma variável. Ambos os valores classificados como médios, segundo Pimentel Gomes (2009).

Quando se busca produção de biomassa com a finalidade de realizar combustão da mesma é interessante a obtenção de um material rico em fibras solúveis em detergente ácido (FDA), pois esta é composta quase na sua totalidade de lignina

e celulose, compostos ricos em carbono e, conseqüentemente, com considerável poder calorífico (Genro e Orqis, 2008).

Tabela 8 - Valores médios das características: %Fibra em detergente neutro (FDN), %Celulose (CEL), % Cinzas (CIN) e %Lignina (LIG) avaliadas em 73 genótipos de capim-elefante em Campos dos Goytacazes, RJ.

GENÓTIPO	FDA	CEL	CIN	LIG
02 AD IRI	53,7 A	43,0 A	7,5 A	8,9 A
Duro de Volta Grande	54,0 A	43,3 A	8,9 A	8,5 A
Taiwan A-143	52,8 A	42,5 A	9,6 A	8,3 A
Roxo Botucatu	53,5 A	43,2 A	7,6 A	8,3 A
Taiwan A-46	52,4 A	42,6 A	8,7 A	8,0 A
Napierzinho	53,2 A	43,8 A	9,1 A	7,8 A
BAGCE 2	53,9 A	44,0 A	8,1 A	7,7 A
Napier S.E.A.	53,7 A	44,3 A	7,9 A	7,7 A
Cuba-115	54,2 A	44,8 A	8,1 A	7,7 A
03 AD IRI	51,1 A	41,5 A	7,9 A	7,7 A
Mercker 86 México	52,7 A	43,6 A	8,4 A	7,4 A
Albano	52,8 A	43,9 A	7,6 A	7,3 A
Mercker Comum Pinda	52,8 A	44,3 A	8,8 A	7,3 A
Taiwan A-121	52,2 A	42,8 A	8,7 A	7,3 A
Pasto Panamá	51,8 A	42,3 A	7,7 A	7,3 A
Vrukwna	53,2 A	43,8 A	7,8 A	7,2 A
Pusa Napier Nº 1	51,9 A	42,3 A	8,2 A	7,1 A
Turrialba	51,0 A	41,8 A	9,0 A	7,1 A
Taiwan A-146	52,2 A	43,1 A	8,2 A	7,1 A
Cuba-116	51,8 A	42,7 A	8,1 A	7,1 A
10 AD IRI	51,8 A	43,1 A	7,3 A	7,0 A
Elefante da Colômbia	53,5 A	44,1 A	8,6 A	6,9 A
Pusa Gigante Napier	52,2 A	43,4 A	9,1 A	6,9 A
Elefante de Pinda	51,7 A	43,4 A	8,8 A	6,8 A
Mole de Volta Grande	52,6 A	43,9 A	9,9 A	6,8 A
Mercker Comum	51,6 A	42,2 A	9,6 A	6,6 A
08 AD IRI	50,1 A	41,8 A	8,1 A	6,6 A
Napier Volta Grande	50,8 A	42,1 A	10,1 A	6,5 A
Porto Rico 534-B	51,7 A	42,7 A	9,2 A	6,5 A
Vruckwna Africano	52,5 A	44,5 A	8,3 A	6,5 A
Três Rios	51,7 A	42,8 A	9,6 A	6,3 B
Porto Rico	51,5 A	42,3 A	9,1 A	6,3 B
Teresópolis	51,5 A	43,0 A	8,9 A	6,3 B
Mineirão IPEACO	50,9 A	43,4 A	9,2 A	6,3 B
CAC 262	51,9 A	43,4 A	9,6 A	6,3 B
Gigante de Pinda	50,4 A	42,2 A	9,9 A	6,2 B
Napier	50,8 A	42,9 A	8,8 A	6,2 B

Tabela 8 - Cont.,

GENÓTIPO	FDA	CEL	CIN	LIG
King Grass	51,7 A	43,9 A	8,6 A	6,2 B
Taiwan A-148	51,3 A	43,6 A	9,1 A	6,1 B
Mineiro	51,9 A	43,5 A	9,5 A	6,1 B
Roxo	49,8 A	41,1 A	9,8 A	6,1 B
IJ 7125	51,4 A	43,5 A	9,4 A	6,1 B
Ibitinema	52,1 A	43,6 A	9,1 A	6,1 B
BAGCE 92	50,3 A	41,8 A	9,8 A	6,1 B
Mercker Pinda México	50,6 A	42,4 A	8,8 A	6,0 B
Capim Cana D'África	52,9 A	44,8 A	9,3 A	6,0 B
Gramafante	49,9 A	42,6 A	10,0 A	5,9 B
Australiano	51,3 A	43,5 A	9,4 A	5,9 B
13 AD IRI	48,8 A	41,2 A	9,2 A	5,9 B
T 241 Piracicaba	50,7 A	43,5 A	8,9 A	5,8 B
Goiano	49,4 A	40,9 A	10,3 A	5,8 B
13 AD	49,0 A	41,1 A	10,1 A	5,8 B
Costa Rica	48,4 A	40,8 A	8,2 A	5,6 B
IJ 7136	48,6 A	40,6 A	9,0 A	5,6 B
BAGCE 51	52,2 A	45,6 A	8,2 A	5,5 B
07 AD IRI	49,9 A	42,1 A	9,0 A	5,5 B
Elefante Cachoeiro do Itapemirim	50,8 A	43,8 A	9,4 A	5,4 B
Taiwan A-25	51,7 A	43,8 A	8,7 A	5,3 B
BAG – 86	50,0 A	42,4 A	8,8 A	5,3 B
BAG – 87	50,0 A	42,9 A	7,8 A	5,3 B
Cubano Pinda	49,4 A	41,6 A	9,7 A	5,2 B
Pusa Napier Nº 2	49,3 A	41,6 A	9,0 A	5,1 B
Mercker S. E. A	49,7 A	42,2 A	9,5 A	5,1 B
05 AD IRI	49,9 A	42,7 A	9,9 A	5,0 B
Elefante Híbrido 534-A	48,8 A	41,5 A	9,5 A	4,9 B
Mercker Pinda	50,2 A	42,5 A	10,1 A	4,8 B
Cameroon	50,8 A	44,8 A	9,1 A	4,8 B
Mercker Santa Rita	49,1 A	42,4 A	9,6 A	4,7 B
IJ 7139	51,0 A	45,0 A	8,0 A	4,7 B
Napier Goiano	47,7 A	41,4 A	9,8 A	4,3 B
Guaco/I.Z.2	47,5 A	41,2 A	10,3 A	3,8 B
BAGCE 69	46,5 A	40,6 A	10,7 A	3,8 B
Guaçu	47,5 A	41,8 A	9,1 A	3,7 B

Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si segundo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Em plantas de capim-elefante com 60 dias de idade Cruz et al. (2010) verificaram 45,5% de FDA na composição química da matéria seca. No presente trabalho o valor médio dos teores de FDA observados foi de 51,12% aos seis meses. Valores próximos dos encontrados por Quesada et al. (2004), que assim

como neste estudo não verificaram diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os genótipos. Estes autores encontraram média de 44,07% de FDA nas folhas e 53,44% de FDA no colmo de genótipos de capim-elefante aos seis meses de idade e afirmam que a partir desta idade as plantas de capim-elefante nunca apresentarão teores de FDA inferiores a 50%. Entretanto, Zanetti et al. (2009) estudaram três ciclos de crescimento de capim-elefante, todos com seis meses ou mais em dois tipos de solo e observaram uma média geral para a variável igual a 42,4% e Rossi (2010) encontrou média de 47,39% para os 52 genótipos estudados em Campos dos Goytacazes, RJ. Após cerca de 10 meses de cultivo, Tais resultados permitem inferir que a idade de corte não é o único fator que influencia na percentagem de FDA, sendo necessário realizar estudos sobre a variável, tendo genótipos e ambientes como fonte de variação. Neste trabalho o coeficiente de variação observado foi de 1,97% indicando boa precisão experimental.

Além da busca por espécies e variedades que sejam altamente produtivas, o teor de lignina na matéria seca deve ser uma das características observadas. Plantas herbáceas tendem a apresentar menor conteúdo de lignina comparado às lenhosas, porém, normalmente são perenes e possuem crescimento mais rápido, podendo atingir maior produtividade de matéria seca (Mckendry, 2002).

Em capim-elefante o teor de lignina aumenta com o aumento da idade, mas existe diferença neste incremento de um genótipo para outro (Xia et al., 2010). Tal fato justifica a realização de trabalhos que possibilitem identificar genótipos de capim-elefante com teores elevados de lignina. No presente estudo a característica apresentou diferença significativa ( $P < 0,01$ ) entre os 73 genótipos estudados, e ao aplicar o teste de agrupamento de médias Scott-Knott (Tabela 8) foi possível verificar que o percentual de lignina variou de 8,9 a 6,5 entre os trinta genótipos que formaram o grupo A, os genótipos que apresentaram estes valores foram 02 AD IRI e Vruckwona Africano respectivamente. Em seguida esteve o genótipo Porto Rico com 6,3%, maior valor observado no grupo B onde foram alocados os 43 genótipos restantes deste trabalho, tendo sido o grupo limitado inferiormente pelo genótipo Guaçu que apresentou 3,7% de lignina em sua composição.

O percentual médio de lignina foi de 6,26. Esta média pode ser considerada alta se comparada a de 3% encontrada por Rossi (2010) para 52 genótipos com 10 meses de idade e a verificada por Campos et al. (2002) para a cv Napier aos 105 dias de idade. Em contrapartida Morais et al. (2009a), avaliando cinco genótipos em dois tipos de solo diferentes realizaram três cortes em um intervalo de 22 meses e observaram média cerca de duas vezes maior do que as do presente estudo. Com base na diferenciação observada neste trabalho, pode-se sugerir que se dê maior atenção aos genótipos que apresentaram maior percentual de lignina, uma vez que esta característica aliada a outras também importantes pode indicar genótipos promissores para geração de energia por meio de combustão direta.

Neste trabalho não foi verificada diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre os genótipos de capim-elefante quanto ao teor de celulose variável corroborando com Rossi (2010). Porém, esta autora observou média de 34,86% enquanto no presente estudo a média foi de 42,83%. Kannika et al. (2011) observaram em seu estudo que o percentual de celulose aumenta com a idade das plantas, sendo que aos seis meses de idade do capim-elefante a celulose representou 44,7% da matéria seca. Zanetti et al. (2009) estudando cinco genótipos da mesma espécie em dois ambientes distintos verificaram que as médias do percentual de celulose variaram de 22,9 a 33,9, indicando a necessidade da realização de novos estudos visando identificar genótipos que possuam elevados percentuais de celulose.

#### 3.2.4. CONCLUSÃO

As características altura, número de perfilhos por metro linear, diâmetro do colmo e produção de MS apresentaram diferenças significativas entre os genótipos no primeiro corte possibilitando a formação de grupos distintos pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,05$ ). Enquanto para o segundo corte apenas as variáveis altura e produção de matéria seca apresentaram diferença segundo mesmo teste ( $P < 0,05$ ).

A maioria dos genótipos apresentou redução na produção de MS no segundo corte. Porém, os genótipos Cubano Pinda, King Grass, Albano, Cuba-115, Taiwan A-148, Cuba-116, Taiwan A-46, Napierzinho, Duro de Volta Grande, Guaco/I.Z.2, Pasto Panamá, Pusa Napier N° 1, Gigante de Pinda, Vrukwona, IJ

7136 se mostraram promissores mesmo quando as condições não foram propícias ao desenvolvimento das plantas.

A avaliação da qualidade da biomassa gerada possibilitou verificar que somente a variável lignina apresentou diferença significativa entre os genótipos estudados, se caracterizando como de grande importância para a seleção de genótipos superiores para a combustão direta.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexandre, J.; Alves, M.G.; Ramos, I.S.; Xavier, G.C. (2007) Panorama do Polo Cerâmico e do Município de Campos dos Goytacazes – RJ. Campos dos Goytacazes. CD-ROM.
- 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. p. 321-334.
- Botrel, M. A., Pereira, A. V., Freitas, V. P., Xavier, D. F. (2000) Potencial forrageiro de novos clones de capim-elefante. *Rev. bras. zootec.* 29:334-340.
- Campos, F. P. C.; Lanna, D. P. D.; Bose M. L. V.; Boin, C.; Sarmiento, P. (2002) Degradabilidade do capim-elefante em diferentes estágios de maturidade avaliada pelo método *in vitro*/gás. *Scientia Agricola*, v.59 p.217-225.
- Cruz, R. S., Santos, A. C., Castro, J. G. D., Alexandrino, E., Caraça, D. C., Diniz, J. P., (2010) Produtividade do Capim-Cameroon estabelecida em duas classes de solos e submetido a doses crescentes de nitrogênio no norte tocantinense. *Acta Scientiarum. Animal Sciences.* 32:393-399.
- Cruz, C.D. (2006) Programa Genes: Biometria. Editora UFV. Viosa (MG). 382p.
- Daher, R. F., Vázquez, H. M., Pereira, A. V., Fernandes, A. M. (2000) Introdução e avaliação de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) em Campos dos Goytacazes, RJ. *Rev. bras. zootec.* 29:1296-1301.
- Daher, R. F., Pereira, M. G., Amaral Júnior, A. T., Pereira, A. V., Lédo, F, J. S., Daros, M. (2003) Estabilidade da produção forrageira em clones de Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* schum.) *Ciênc. agrotec.* 27:788-797.
- Daher, R. F., Pereira, A. V., Pereira, M. G., Lédo, F. J. S., Amaral Junior, A. T., Rocabado, J. M. A., Ferreira, C. F., Tardin, F. D. (2004) Análise de trilha de caracteres forrageiros do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Ciência Rural*, 34:1531-1535.

- Flores, R. A., Urquiaga, S. S., Alves, B. J. R., Collier, L. S., Zanetti, J. B., Prado, R. M. (2012) Nitrogênio e idade de corte na qualidade da biomassa de capim-elefante para fins agroenergético cultivado em Latossolo. *Semina: Ciências Agrárias (Online)*, 16:1282-1288.
- Freitas, N. S. A., Falcão, T. M. M. A., Burity, H. A., Tabosa J. N., Silva, M. V. (2000) Caracterização e diversidade genética do capim-elefante seus híbridos com milho mediante padrões isoenzimáticos *Pesq. agropec. bras.*, 35:1125-1133.
- Freitas, E.V., Lira, M.A., Dubeux Jr., J.C.B. Santos, M. V. F., Mello, A. C. L., Tabosa, J. N., Farias, I. (2004) Características produtivas e qualitativas de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) avaliados sob pastejo na Zona da Mata de Pernambuco. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 26:251-257.
- Genro, T. C. M.; Orqis, M. G.; (2008) *Informações básicas sobre coleta de amostras e principais análises químico-bromatológicas de alimentos destinados à produção de ruminantes*. Documentos 81 Embrapa Pecuária Sul.Bagé-RS.
- Kannika, R., Yasuyuki, I., Kunn, K., Pichit, P., Prapa, S., Vittaya P., Pilanee, V., Ganda, N., Sayan, T. (2011) Effects of inter-cutting interval on biomass yield, growth components and chemical composition of napiergrass (*Pennisetum purpureum* Schumach) cultivars as bioenergy crops in Thailand. *Grassland Science*, 57:135–141.
- Köppen, W. (1948) *Climatologia: con um estúdio de los climas de La Tierra*. México: Fondo de Cultura Economica, 479p.
- Ledo, F. J. S., Pereira, A. V., Souza Sobrinho, F., Botrel, M. A., Oliveira, J. S., Xavier, D. F., Italiano, E. C., Fernandes F. D., Peres, R. M., Leite, V. B. O., Almeida, E. X., Alencar, J. A., Dubeaux Júnior, J. C. B., Lima, G. F. C., Abreu, J. G. (2003) Seleção de clones de capim-elefante em diferentes regiões brasileiras. *Anais da 40ª reunião anual da SBZ*. Santa Maria-RS.
- McKendry, P. (2002) Energy production from biomass (part 1): overview of biomass *Bioresource Technology*, 83:37–46.
- Meinerz, G. R., Olivo, C. J., Agnolin, C. A., Dullius, A. P., Moraes, R. S., Mombach, G., Foletto, V., Machado, P. R. (2011) Produção e valor nutritivo da forragem de capim-elefante em dois sistemas de produção. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40:2673-2680.
- Mello, A.C.L.; Lira, M.A.; Dubeux Jr., J.C.B.; Santos, M. V. F.; Freitas, E. V. (2002) Caracterização e seleção de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) na Zona da Mata de Pernambuco. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31:30-42.

- Morais, R. F., Souza, B. J., Leite, J. M., Soares, L. H. B., Alves, B. J. R., Boddey, R. M., Urquiaga, S. (2009a) Elephant grass genotypes for bioenergy production by direct biomass combustion. *Pesq. agropec. bras.*, 44:133-140.
- Morais, R. F., Zanetti, J. B., Pacheco, B. M., Jantalia, C. P., Boddey, R. M., Alves, B. J. R., Urquiaga, S. S. (2009b) Produção e qualidade da biomassa de diferentes genótipos de capim-elefante cultivados para uso energético.. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 4:1103-1107.
- Mota, V. J. G.; Reis, S. T.; Sales, E. C. J.; Rocha Júnior, V. R.; Oliveira, F. G.; Walker, S. F.; Martins, C. E.; Cóser, A. C. (2010) Lâminas de irrigação e doses de nitrogênio em pastagem de capim-elefante no período seco do ano no norte de Minas Gerais. *Rev. bras. zootec.*, 39:1191-1199.
- Mota, V. J. G.; Rocha Júnior, V. R.; Reis, S. T.; Sales, E. C. J.; Oliveira, F. G.; Gomes, V. M.; Martins, C. E.; Cóser, A. C. (2011) Lâminas de irrigação e doses de nitrogênio em pastagem de capim-elefante no período chuvoso no norte de Minas Gerais. *Rev. Bras. Saúde Prod. An.* 12:908-922.
- Nascimento, I. S.; Monks, Pedro 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*, 3:191-196.
- Pereira, A. V., Machado, M. A., Azevedo, A. L. S., Nascimento, S., Campos, A. L., Lédo, F. J. S. (2008) Diversidade genética entre acessos de capim-elefante obtida com marcadores moleculares. *R. Bras. Zootec.*, 37:1216-1221.
- Pimentel-Gomes, F. (2009) *Curso de estatística experimental*. 15ª Ed. Piracicaba: FEALQ, 451p.
- Quesada, D. M., Boddey, R. M., Reis, V. M., Urquiaga, S. (2004) *Parâmetros Qualitativos de Genótipos de Capim-elefante (Pennisetum purpureum Schum.) estudados para a produção de energia através da Biomassa*. Circular técnica Embrapa, Seropédica, RJ.
- Ramos, I. S., Alves, M. G., Alexandre, J. (2006) Diagnóstico do polo cerâmico de Campos dos Goytacazes-RJ. *Revista Cerâmica Industrial*, 11: 28-32.
- Rossi, D. A. (2010) *Avaliação morfoagronômica e da qualidade da biomassa de acessos de capim-elefante (Pennisetum purpureum Schum.) para fins energéticos no Norte Fluminense*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal)- Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 55p.
- Santos, M.C.S.; Lira, M.A.; Tabosa, J.N.; Mello, A.C.L.; Santos, M.V.F. (2011) Comportamento de clones de pennisetum submetidos a períodos de restrição hídrica controlada. *Arch. Zootec.*, 60:31-39

- Scott, A. J A e Knott, M. (1974) *Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance*. *Biometrics* 30:507-512.
- Silva, A. L. C., Santos, M. V. F., Dubeux Júnior, J. C. B., Lira, M. A., Ferreira, R. L. C., Freitas, E. V., Cunha, M. V., Silva, M. C. (2010) Variabilidade e herdabilidade de caracteres morfológicos em clones de capim-elefante na Zona da Mata de Pernambuco. *R. Bras. Zootec.*, 39:2132-2140.
- Silva, E., Rocha, C. R. (2010) Eucalipto e capim-elefante: características e potencial produtivo de biomassa. *Revista Agrogeoambiental*. 2:143-152.
- Vitor, C. M. T., 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 *R. Bras. Zootec.*, 38:435-442.
- Xia, Z., Hongru, G., Chenglong, D., Xiaoxian, Z., Jianli, Z., Nengxiang, X. (2010) Path coefficient and cluster analyses of yield and morphological traits in *Pennisetum purpureum*. *Tropical Grasslands*, 44:95-102.
- Zanetti, J. B. ;Morais, R. F. ; Leite, J. M. ; Soares, L. H. B. ; Jantalia, C. P. ; Alves, B. J. R. ;Urquiaga, S. S.; Boddey, R. (2009) Produção e qualidade da biomassa de genótipos de capim-elefante para uso como fonte de energia.4<sup>o</sup> *Congresso Internacional de Bioenergia*, Curitiba-PR.