

VARIAÇÃO DE CARACTERES MORFOAGRONÔMICOS E DA QUALIDADE DA BIOMASSA EM SEIS GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE (*Pennisetum purpureum* Schum.) EM FUNÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO E ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA EM CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ.

ÉRIK DA SILVA OLIVEIRA

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
SETEMBRO – 2012**

**VARIAÇÃO DE CARACTERES MORFOAGRONÔMICOS E DA
QUALIDADE DA BIOMASSA EM SEIS GENÓTIPOS DE CAPIM-
ELEFANTE (*Pennisetum purpureum* Schum.) EM FUNÇÃO DE
DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO E ANÁLISE DA VIABILIDADE
ECONÔMICA EM CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ.**

ÉRIK DA SILVA OLIVEIRA

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

Orientador: Prof. Rogério Figueiredo Daher

Coorientador: Prof. Niraldo José Ponciano

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
SETEMBRO DE 2012

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do **CCTA / UENF** 083/2012

Oliveira, Érik da Silva

Variação de caracteres morfoagronômicos e da qualidade da biomassa em seis genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) em função de diferentes doses de nitrogênio e análise da viabilidade econômica em Campos dos Goytacazes, RJ./ Érik da Silva Oliveira. – 2012.

120 f. : il.

Orientador: Rogério Figueiredo Daher

Tese (Doutorado - Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2012.

Inclui bibliografia.

1. Capim-Elefante 2. *Pennisetum purpureum* Schum 3. Energia alternativa 4. Viabilidade econômica 5. Análise de regressão polinomial conjunta 6. Biomassa energética I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. II. Título.

CDD–
633.2

VARIAÇÃO DE CARACTERES MORFOAGRONÔMICOS E DA QUALIDADE DA BIOMASSA EM SEIS GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE (*Pennisetum purpureum* Schum.) EM FUNÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO E ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA EM CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ.

ÉRIK DA SILVA OLIVEIRA

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

Aprovado em: 28 de Setembro de 2012

Comissão examinadora:

Prof. Niraldo José Ponciano (D.Sc., Economia Aplicada) – UENF -
(Coorientador)

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

Prof. Paulo Marcelo de Souza (D.Sc., Produção Vegetal - UENF)

Dr. Juarez Campolina Machado (D.Sc. em Genética e Melhoramento
- Embrapa Gado de Leite)

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

Dedico este trabalho primeiramente a DEUS, que sempre me fortaleceu nos momentos difíceis, a minha esposa, meu filho, meus pais, irmãos, avôs, avós e amigos.

AGRADECIMENTOS

A DEUS por ter me iluminado nos momentos mais difíceis, e por ter segurado a minha mão nos momentos em que eu mais precisei.

Ao Prof. Rogério pela paciência e oportunidade de me desenvolver pessoalmente com a sua orientação.

Aos professores Geraldo, Niraldo e Paulo Marcelo pelo incentivo e atenção.

A Universidade Estadual do Norte Fluminense e a CAPES pela bolsa concebida durante a pesquisa.

Aos amigos Marcus Vinicius, Tatiane, Roberta, Driele, Eduardo, Bruna, Liliane, Romildo, Júlio, Dorian, Fernando, Onildo, Renata e Naruyssa que tanto me ajudaram, bem como me incentivaram nas horas mais difíceis, e também pelos momentos em que sorrimos juntos.

A minha esposa Daniele que sempre me incentivou e sempre esteve do meu lado me dando força.

Ao meu filho Davi que me traz a maior alegria que o um homem pode ter, a de ser pai.

Aos meus familiares pelos incentivos e pelo apoio moral: meu pai (Edalmo), minha mãe (Ilma), meus irmãos (Elvis e Edilma), meus avôs e avós (João *In Memoriam*, José Leandro *In Memoriam*, Isabel *In Memoriam*) e Josepha.

Ao CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e FAPERJ (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro) pelo auxílio financeiro ao desenvolvimento do projeto concedido durante o curso de Doutorado em Produção Vegetal

A UENF (Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro) pela concessão da bolsa de estudos excelente qualidade do ensino e preparo dos professores.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Situação Energética no Estado do Rio de Janeiro	5
2.2. Aspectos Gerais e Classificação Botânica do Capim-elefante	5
2.3. Condições Culturais do Capim-elefante	7
2.4. Carência do Setor Energético	10
2.5. Relação Colmo/folha	11
2.6. Viabilidade Econômica e a Cultura do Capim-elefante	13
2.7. Função de Produção	15
3. TRABALHOS	18
I - VARIAÇÃO DE CARACTERES MORFOAGRONÔMICOS E DA QUALIDADE DA BIOMASSA EM SEIS GENÓTIPOS DE CAPIM- ELEFANTE (<i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) EM FUNÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO EM CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ.....	18
RESUMO	18
ABSTRACT	19
1. INTRODUÇÃO	20

2. MATERIAL E MÉTODOS	22
2.1. Localização, Solo e Clima.....	22
2.2. Obtenção do Material Experimental.....	22
2.3. Delineamento Experimental.....	23
3.1. Análise de Variância.....	27
3.2. Agrupamento de Médias (Teste de Tukey).....	29
3.3. Análise da Regressão	38
4. RESUMO E CONCLUSÕES	59
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
II - ESTIMATIVA DOS NÍVEIS ÓTIMOS ECONÔMICOS DE ADUBAÇÃO NITROGENADA EM SEIS GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE (<i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) EM CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ.....	72
RESUMO	72
ABSTRACT	73
1. INTRODUÇÃO.....	74
2. MATERIAL E MÉTODOS	76
2.1. Localização e Delineamento Experimental	76
2.2. Função de Produção	76
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	79
3.1. A Função de Produção para o Capim-elefante	79
3.2. Uso da Função de Produção	80
4. RESUMO E CONCLUSÕES	85
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86

6. ANEXOS.....	92
III - ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA BIOMASSA ENERGÉTICA EM SEIS GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE (<i>Pennisetum purpureum</i> Schum.) EM CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ.	96
RESUMO	96
ABSTRACT	97
1. INTRODUÇÃO.....	98
2. MATERIAL E MÉTODOS	101
2.1. Viabilidade Econômica do Capim-elefante para Fins Energéticos	102
2.2. O Valor Presente Líquido (VPL)	104
2.3. A Taxa Interna de Retorno (TIR)	105
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	108
4. RESUMO E CONCLUSÕES	112
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113
6. ANEXOS.....	120

RESUMO

OLIVEIRA, Érik da Silva; D.Sc.: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; 2012; Variação de Caracteres Morfoagronômicos e da Qualidade da Biomassa em Seis Genótipos de Capim-elefante (*Pennisetum Purpureum* Schum.) em Função de Diferentes Doses de Nitrogênio e Análise da Viabilidade Econômica em Campos dos Goytacazes, RJ. Professor Orientador: D.Sc Rogério Figueiredo Daher. Professor Co-orientador: Prof. D.Sc Nivaldo José Ponciano. Professores Conselheiros: Prof. D.Sc Geraldo de Amaral Gravina, Prof. D.Sc Paulo Marcelo de Souza e D.Sc Juarez Campolina Machado.

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é uma *paniceae* tropical de elevado potencial de produção de biomassa. Devido a sua grande capacidade produtiva, outra utilização tem sido proposta, caracterizada pela sua transformação em carvão. Esta Tese foi dividida em três trabalhos distintos, sendo que o primeiro objetivou caracterizar seis genótipos de capim-elefante em função de diferentes doses de nitrogênio (100, 200, 400, 800 e 1600) kg N.ha⁻¹. Foram avaliadas as características morfoagronômicas e de qualidade da biomassa, mediante níveis de adubação, de modo a determinar até que ponto a adubação surtiu efeito positivo para fins de ganho de biomassa do capim-elefante e para fins energéticos. O segundo trabalho foi a estimativa dos níveis ótimos de adubação, utilizando a função de produção para mensurar o nível máximo de adubação de forma que obtivesse o ótimo econômico, mediante o custo de adubação que busca ser o menor possível, atrelado a melhor produtividade. O terceiro trabalho foi a análise da viabilidade econômica do capim-elefante para fins energéticos, através do uso do valor presente líquido e da taxa interna de retorno. O foco desse trabalho foi viabilizar o melhor genótipo em termos de resposta de adubação, produtividade e menor custo. Um dos obstáculos encontrados foi a falta de irrigação e o uso de outros nutrientes minerais, tais como potássio e fósforo os quais contribuiriam para um resultado ainda mais satisfatório.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Érik da Silva; D.Sc: State University of North Fluminense Darcy Ribeiro; 2012; Variation in Morphological Characteristics and Quality of Biomass in Six Genotypes Elephant Grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) in Function of Different Dosages of Nitrogen and Analysis of Economic Viability in Campos dos Goytacazes, RJ. Teacher Advisor: D.Sc Roger Figueiredo Daher. Teacher Co-supervisor: D.Sc Niraldo José Ponciano. Teachers Counselors: D.Sc Geraldo do Amaral Gravina, D.Sc Paulo Marcelo de Souza and D.Sc Juarez Campolina Machado.

The elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) is a tropical *paniceae* high potential for biomass production. Due to its large capacity, another use has been proposed, characterized by its transformation into coal. This thesis was divided into three distinct works, the first of which aimed to characterize six genotypes of elephant grass for different levels of nitrogen (100, 200, 400, 800, 1600) Kg N.ha⁻¹. We evaluated the agronomic characteristics and quality of biomass by fertilizer levels in order to determine the extent to which fertilizer has had a positive effect for purposes of gain elephant grass biomass for energetic purposes. The second study was to estimate the optimum levels of fertilization, using the production function to measure the maximum level of fertilization so that obtain the economic optimum by the cost of fertilizer that seeks to be as small as possible, linked to improved productivity. The third study was to analyze the economic viability of elephant grass for energy production through the use of net present value and internal rate of return. The focus of this work was to enable the best response in terms of genotype of fertilization, productivity and lower costs. One of the obstacles encountered was the lack of irrigation and the use of other mineral nutrients, such as potassium and phosphorus which contribute to a still more satisfactory result.

1. INTRODUÇÃO

O mundo está vivendo a era da biomassa (bioenergia), e dentro desse contexto, abre-se espaço para um novo modelo de agricultura, não alimentar, responsável pela produção de matérias-primas energéticas renováveis, que deverão substituir gradativamente o uso de carvão mineral e petróleo, que, além de serem bens naturais não renováveis e estarem em um processo de esgotamento progressivo, geram graves problemas ambientais.

Até finais do século dezenove e início do século vinte, o carvão mineral e a lenha foram as principais matérias-primas utilizadas pelo homem para a obtenção de energia e produtos químicos. Em torno do ano de 1930, porém, esta situação mudou devido ao desenvolvimento da indústria petroquímica. As crises de petróleo da década de 70 evidenciaram a forte dependência mundial deste produto fóssil. A partir destas crises iniciaram-se grandes esforços, não só para desenvolver tecnologias de produção de energia a partir da biomassa, como também para a obtenção de outros subprodutos da indústria química, que até hoje, são produzidos basicamente a partir do petróleo.

Atualmente existe uma grande vantagem na utilização de produtos derivados de biomassa em processos térmicos, o qual é decorrente do fato dessa matéria-prima ser de origem renovável, apresentando ciclo fechado de carbono, reduzindo emissões de CO₂, compostos de enxofre, de nitrogênio e outros produtos ambientalmente nocivos (Olivares, 2002).

Baseando-se em tais preceitos, a agroenergia está em alta, e com isso torna-se cada vez mais viabilizada pelo seu desenvolvimento tecnológico e pela elevação dos preços do petróleo e seus derivados. A cotação desses combustíveis alcançou patamares que justificam a procura intensa de novas fontes de energia.

Dessa forma, estamos assistindo a cada dia, um novo limiar do processo de reconversão da matriz energética global.

Assim, existe a necessidade de se produzir energias alternativas às geradas pela queima de combustíveis fósseis e a agricultura é chamada para produzir estes combustíveis, renováveis e de menor impacto ambiental, sendo que tal fato irá se recair em uma elevada produção em massa de oleaginosas, álcool (etanol) e biomassa energética.

A ideia de desenvolvimento sustentável tem como foco a forma de geração de riquezas que, protegendo o meio ambiente, estejam também preocupadas com a justiça social. O consumo exagerado de recursos naturais e as tecnologias usadas para transformar estes recursos, interferem de forma violenta nos ecossistemas planetários, esgotando ou comprometendo nossas fontes naturais de matéria-prima para atuais e futuras gerações.

Diante dessa necessidade preeminente, buscam-se formas de encontrar soluções para esta situação caótica, sendo que existem diversas propostas de firmação de um novo padrão de desenvolvimento mundial, baseado em ações racionais que não esgotem, mas preservem os recursos naturais utilizados com a consciência de que eles são finitos. Dessa forma, esse novo modelo de desenvolvimento sustentável está firmado na busca de fontes de energia (biomassa) que sejam renováveis, e que também possam não ser tão nocivas ao meio ambiente.

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é uma forrageira da família *paniceae* que possui elevado potencial de produção de biomassa. Durante muitos anos, o capim-elefante foi empregado, quase exclusivamente na produção animal, para formação de capineiras, sendo utilizado na forma de verde picado e silagem. Com o desenvolvimento da tecnologia de pastejo rotativo e visando a intensificação da produção de leite e carne, aumentou-se o interesse pela sua utilização na formação de pastagens.

Recentemente, em função do elevado potencial de produção de biomassa do capim-elefante, outra utilização tem sido proposta, caracterizada pela sua transformação em carvão. O carvão vegetal produzido do capim-elefante poderá substituir o carvão artesanal (carvão vegetal do eucalipto) extraído de forma

predatória de florestas nativas, o que tem provocado danos ambientais tais como acelerado assoreamento e consequente morte de diversos rios.

Observa-se também que existe uma grande variabilidade genética da espécie, fato este que faz pressupor a existência de uma excelente oportunidade de sucesso num programa de melhoramento e otimização de seu processo de produção. Assim, estas informações podem auxiliar na escolha dos materiais a serem selecionados e/ou combinados de modo que as cultivares a serem desenvolvidas apresentem elevado potencial para produção de biomassa, concentrando nesta característica o grande objetivo de diversos programas de melhoramento do capim-elefante.

O uso da função de produção para análise e discussão dos resultados de experimentação agrícolas a cada dia se torna bastante difundida. Seu uso está arraigado a determinação dos níveis economicamente ótimos dos fatores envolvidos no processo produtivo aos quais são os principais pontos de aplicação em experimentos agrícolas. Assim, a função produção indica em termos quantitativos, o máximo da quantidade do produto que pode ser produzido, baseado em uma determinada quantidade de fatores produtivos, bem como uma determinada tecnologia.

A análise da viabilidade econômica do capim-elefante se faz necessária como forma de mensurar até que ponto a produtividade pode ser aumentada, levando em consideração a minimização do fator custo, de forma que haja a otimização do sistema como um todo. A análise financeira de projetos é baseada em estimativas para o fluxo de caixa futuro do projeto, obtidas a partir de previsões para diversas variáveis. A análise inicial do fluxo de caixa é feita através de valores representativos para as variáveis consideradas, permitindo o cálculo de indicadores financeiros determinísticos.

O estudo de viabilidade econômica é um processo de análise detalhada, ao qual tem dois objetivos básicos: identificação e fortalecimento das condições necessárias para o projeto dar certo, e identificação e tentativa de neutralizar os fatores que podem dificultar as possibilidades de êxito do projeto. Assim, o mecanismo de estudo de viabilidade econômica indica as condições necessárias para que os objetivos que nos propomos alcançar dependam mais das nossas

próprias ações diante de situações imprevistas do que da mera sorte do acaso. É de praxe fazer o estudo de viabilidade econômica antes de se iniciar as atividades arraigadas ao projeto, pois embora possa parecer óbvio, na maior parte das vezes, não é isso o que vem ocorrendo no processo cotidiano dos grupos.

A obtenção de cultivares melhoradas poderá constituir-se numa das mais importantes demandas dos produtores de carvão proveniente de capim-elefante, tornando-se intensa a procura por variedades para produção de biomassa adaptadas aos diferentes ecossistemas do Estado do Rio de Janeiro, com maior velocidade de crescimento, maior produtividade, melhor eficiência energética, maior eficiência na utilização de nutrientes, distribuição mais equitativa da produção de matéria seca durante o ano e resistente a pragas e doenças.

A Embrapa Gado de Leite, sediada em Juiz de Fora, MG, dispõe de um banco ativo de germoplasma com mais de 120 acessos de capim-elefante (BAG-CE). Observa-se que existe ampla variabilidade genética na espécie (Pereira, 1992; Tcacenco & Botrel, 1994; Xavier et al., 1995; Lowe *et al.*, 1996; Daher et al., 1997a,b, 2002 e 2003;), fato que faz pressupor a existência de uma excelente oportunidade de sucesso num programa de avaliação, dado que estas informações podem auxiliar na escolha dos materiais a serem selecionados e/ou combinados de modo que as cultivares a serem desenvolvidas apresentem elevado potencial para produção de biomassa.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Situação Energética no Estado do Rio de Janeiro

O Estado do Rio de Janeiro tem um importante mercado de energia. Tal importância é tamanha, que influencia até mesmo o nível de renda e emprego na economia Norte Fluminense. Devido a sua natureza, os investimentos energéticos possuem importantes efeitos sobre o produto, a renda e o emprego, sendo tais fatores advindos de elevados volumes e suas características próprias, motivo pelo qual justifica sua elevada importância.

Ao longo da última década, foram viabilizados tecnicamente e implantados no estado do Rio de Janeiro, vários projetos voltados para geração e aumento da energia elétrica, tais como PCH's (Pequenas Centrais Hidrelétricas) em Calheiros, situada no município de Bom Jesus do Itabapoana; a Hidrelétrica de Simplício, em Itaocara; a Termelétrica de Paracambi; a Companhia Siderúrgica do Atlântico (CSA) e o Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (Comperj), ambos em Itaguaí; a Gargaú Energética (energia eólica), no município de São Francisco de Itabapoana; o Complexo Açú, em São João da Barra; o Polo Petroquímico (PETROBRAS), no município de Campos dos Goytacazes e etc.

Dessa forma, o setor energético Fluminense foi impulsionado por uma série de ações, projetos e incentivos do governo do estado do Rio de Janeiro, que tiveram papel fundamental na diversificação da Matriz Energética Brasileira.

2.2. Aspectos Gerais e Classificação Botânica do Capim-elefante

O capim-elefante é originário do continente Africano, mais especificamente da África Tropical, entre 10º Norte e 20º Sul de latitude, tendo sido descoberto em

1905 pelo Coronel Napier (Rodrigues, *et al.*, 1975). No ato de sua descoberta, o Coronel Napier anunciou ao Departamento de Agricultura da Rodésia (atualmente conhecido com Zimbabwe), onde foi avaliado com sucesso por volta de 1910, perpetuando, em uma de suas variedades com o nome de 'Napier' (Maldonado, 1955).

Essa espécie de forrageira ocorre naturalmente em vários países, desde Guiné, no oeste, até Moçambique e Quênia, no leste Africano Brunken (1977, *apud*, Timbó, 2007). Ela foi inicialmente introduzida nos Estados Unidos, pelo Departamento de Agricultura, em 1913 (Jauhar, 1981). No Brasil, foram relatadas duas introduções da gramínea, sendo uma no Rio Grande do Sul, com as estacas trazidas dos Estados Unidos, em 1920; e outra em 1921, no estado de São Paulo, oriunda de Cuba (Faria, 1994). Hoje, encontra-se difundida nas cinco regiões brasileiras, sendo que a *paniceae* é plantada e cultivada em praticamente todo território nacional.

O capim-elefante é cultivado na maioria das regiões tropicais e subtropicais do mundo. Ele é conhecido por uma grande diversidade de nomes, a saber: Capim Napier, Pasto-Gigante, Capim-Cana Africana, entre outros nomes, conforme relata Pereira *et al* (2001). Apresenta um grande número de variedades e/ou ecotipos, como: Napier, Mercker, Porto Rico, Albano, Mineiro, Mole de Volta Grande, Gigante de Pinda, Mott, Taywan, Cameroon, Mercker, Urukwanu, Roxo e etc. Sua descrição original foi datada de 1827, porém sofreu modificações ao longo do tempo.

Atualmente, as espécies *Pennisetum purpureum* pertencem à família Poaceae (Graminae), subfamília Panicoideae, tribo: Paniceae, gênero: *Pennisetum* L. Rich e espécie: *P. purpureum*, Schumacher, e seção: *Penicillaris*, como descrevem Rodrigues *et al.*, (2001, *apud* Lopes, 2004) e Timbó (2007). Ainda, conforme descreve Timbó (2007) a tribo Paniceae reúne os mais importantes gêneros de plantas forrageiras tropicais, como *Brachiaria*, *Panicum*, *Melinis*, *Setaria*, *Axonopus* e *Acroceras*, sendo que o capim-elefante é uma das espécies mais conhecidas e de maior importância econômica do gênero.

Segundo Pereira, *et al*, (2001, *apud*, Timbó, 2007), as mais importantes cultivares de capim-elefante, tais com o 'Napier', 'Cameroon', 'Mercker' e 'Roxo',

foram obtidas por meio da introdução de tipos superiores encontrados nas áreas de diversidade do continente africano.

O agrupamento e avaliação de material genético por meio da diversidade genética, com base em evidências científicas, são importantes para o conhecimento de evolução da espécie e para a localização e o intercâmbio de recursos genéticos. Assim, pesquisas revelam a existência de ampla variabilidade genética entre os materiais, além de considerável interação genótipo-ambiente, reforçando a necessidade de avaliações regionais.

2.3. Condições Culturais do Capim-elefante

A expressão condições edafoclimáticas refere-se às características definidas através de fatores do meio, tais como o clima, o relevo, a litologia, a temperatura, a umidade do ar, a radiação, o tipo de solo, o vento, a composição atmosférica e a precipitação pluvial. As condições edafoclimáticas são relativas à influência dos solos nos seres vivos, em particular nos organismos do reino vegetal, incluindo o uso da terra pelo homem, a fim de estimular o crescimento das plantas.

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é uma *paniceae* forrageira tropical triploide de origem africana, que possui elevado potencial de produção de biomassa. Essa forrageira produz matéria seca de baixa digestibilidade no inverno, devido a seu alto conteúdo em fibras não digestíveis, e lignina. Quanto a sua digestibilidade, ela é bastante satisfatória na primavera, no verão e início do outono e baixa no final do outono e do inverno. Já sua palatabilidade é satisfatória no verão, sendo que sua produção de matéria seca pode chegar de 30-40 t.ha.ano⁻¹.

Assim, o capim-elefante apresenta alta capacidade de produção e acúmulo de matéria seca de qualidade (Urquiaga S. & Dias, 2006; Mazzarela, 2007). Ele exige solos de média e alta fertilidade, e é sensível ao frio e ao fogo, além de não tolerar solos úmidos. Segundo Osava (2007) o capim-elefante tem cerca de 200 variedades.

Seu principal atributo é sua alta produção de forragem quando submetido a cortes frequentes, adubado e irrigado. Quanto a sua adaptabilidade ao solo, o capim-elefante, se adapta a diferentes tipos de solo, com exceção dos solos mal

drenados, com possíveis inundações, sendo que para sua topografia, ele pode ser cultivado em terrenos com declives de até 25% devido ao seu baixo controle da erosão do solo. Ele é encontrado em barrancas de rios, regiões úmidas e orlas de floresta, porém não foram observados registros de tolerância à salinidade, além de apresentar ótima resposta à adubação (NPK).

A respeito do plantio do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum), algumas recomendações agronômicas devem ser consideradas (Vilela, 2007), como a fertilidade do solo; a forma de plantio, que deve ser por mudas (2.000 kg.ha⁻¹); o modo de plantio em linhas, com espaçamentos de 1,0m entre sulcos para corte de 0,50 m entre sulcos para pastejo, sendo sua profundidade de plantio de 0,15 m a 0,20 m. O tempo para utilização deverá ser de 90 a 110 dias após plantio.

Quanto a sua adubação, o capim-elefante deve estar de acordo com as recomendações técnicas determinadas pela análise de solo. Ele deve ser semeado no início do período chuvoso (setembro/outubro), quando se pode obter pasto já aos 90 dias de plantio, aproximadamente. Pode também semeá-lo até janeiro, de preferência em solos bem preparados e drenados em linhas distanciadas de 20cm a 40cm bem superficialmente. Já para o plantio a lanço, aumenta-se esta quantidade em 50% a 70%, propagando por mudas e utilizando colmos com mais de 100 dias de idade (Otero, 1961). Outro método é por plantio em covas, que devem distanciar-se de 50 x 50 cm ou 50 x 100 cm entre si (Pereira, 2006).

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum), apresenta algumas características agronômicas explicadas por Rodrigues *et al* (1975), Jacques (1990), Moss (1964 *apud* Lopes, 2004) e Vilela (2007), como: seu ciclo vegetativo é perene, sua altura em crescimento livre, sua forma de crescimento é ereta, cespitosa, também possui formas de uso diversas, tais como forragem picada verde “*in natura*”, ensilagem, pastejo, fenação, etc. Pode atingir até 90t de matéria verde.ha.ano⁻¹, podendo alcançar de 3 m a 5 m de altura com colmos eretos dispostos em touceira aberta ou não, que são preenchidos por um parênquima suculento, chegando a 2cm de diâmetro, com entrenós de até 20cm (Otero, 1961). Além disso, possuem rizomas curtos, folhas com inserções alternas, de coloração verde escura ou clara, que podem ser pubescentes ou não, chegando a alcançar 10 cm de largura e 110 cm de comprimento.

As folhas apresentam nervura central larga e brancacenta, bainha lanosa, invaginante, fina e estriada, lígula curta, brancacenta e ciliada. Sua inflorescência é uma panícula primária e terminal, sedosa e contraída, ou seja, com racemos espiciformes em forma de espiga, podendo ser solitária ou aparecendo em conjunto no mesmo colmo. A panícula tem, em média, 15cm de comprimento, formada por espiguetas envolvidas por um tufo de cerdas de tamanhos desiguais e de coloração amarelada ou púrpura. Apresenta abundante lançamento de perfilhos aéreos e basilares, podendo formar densas touceiras, apesar de não cobrirem totalmente o solo (Correa, 1926).

O número de cromossomos do capim-elefante comum (*Pennisetum purpureum*, Schum) é $2n = 27, 28, 56$ e facilmente se cruza com *Pennisetum americanum* (P. typhoides) produzindo um híbrido chamado hexaploide rústico. Tem tolerância a insetos e doenças, sendo, no entanto, sensível à cigarrinha e ao *Helmintosporium sacchari*. Possui baixa tolerância à seca, podendo atravessar a estação seca com baixa produção se possuir raízes profundas (bem estabelecida).

Esta *paniceae* mostra alto potencial de produção de matéria seca, havendo estudos que mostram respostas a adubação nitrogenada da ordem de 1800kg de nitrogênio ha.ano⁻¹, todavia, as doses mais eficientes estão próximas de 450 kg.ha.ano⁻¹ (Corsi, 1972; Jacques, 1990). Pelas suas próprias características físicas, o capim-elefante “*in natura*” é um material de baixa densidade energética, quando comparado com a lenha, sendo muito baixa a sua densidade a granel (aproximadamente 50-60 kg.m⁻³ possui, em média, um teor de umidade em torno de 10 % (base úmida)).

Sua altitude para o plantio configura-se desde o nível do mar até 2.200 metros, sendo mais adaptadas as altitudes de até 1.500 metros. Cresce melhor em solos profundos, de textura moderada a pesada, tolera secas de curta duração, mas não resiste a falta de água por muito tempo, nem as geadas (Bogdan, 1977; Tcacenco & Botrel, 1990). Ele é difícil de saturar, mesmo em ambientes com elevada radiação, no entanto, possui alta eficiência fotossintética (Pereira, *et al.*, 2001). O capim-elefante apresenta grande potencial para uso energético na fabricação de carvão vegetal, bio-óleo, biogás, energia elétrica em usinas termoelétricas e em propriedades rurais (Timbó, 2007).

A viabilidade da utilização do capim-elefante como matéria prima para geração e produção de energia tem sido pesquisada e estudada por vários órgãos, governamentais ou não. O capim-elefante é economicamente viável para a geração de energia elétrica por gaseificação de biomassa. Já para Olivares (2002), a melhora no desenvolvimento dos processos físico-químicos possibilitou um maior aproveitamento da ordem de 60% a 65% da biomassa seca do capim-elefante para a produção de bio-óleo, além de produzir o gás e o carvão vegetal, que são utilizados na geração de energia que será necessária nesses processos (Fernandes 2000).

2.4. Carência do Setor Energético

Uma das principais vantagens da biomassa é que, embora de eficiência reduzida, seu aproveitamento pode ser feito diretamente por intermédio da combustão direta em fornos, caldeiras, etc. Para aumentar a eficiência do processo e reduzir impactos socioambientais, tem-se desenvolvido e aperfeiçoado tecnologias de conversão mais eficientes, como a gaseificação e a pirólise, e também sendo comum a cogeração em sistemas que utilizam a biomassa como fonte energética. A médio e longo prazo, a exaustão de fontes não renováveis e as pressões ambientalistas poderão acarretar maior aproveitamento energético da biomassa.

Atualmente, a biomassa vem sendo cada vez mais utilizada na geração de eletricidade, principalmente em sistemas de cogeração e no suprimento de eletricidade para demandas isoladas da rede elétrica. O interesse energético pelo capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) foi despertado por sua alta produtividade. Estudos realizados pelo Centro de Agrobiologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 1985) o apontam como uma espécie de grande potencial. Sua biomassa seca pode gerar 25 unidades de energia para cada uma de origem fóssil consumida em sua produção. Por sua vez, a cana-de-açúcar, convertida em etanol, alcança uma relação de apenas nove por uma. Enquanto o eucalipto, para produzir celulose e carvão vegetal, fornece 7,5 toneladas de biomassa seca por hectare ao ano, em média, e até 20 toneladas nas melhores condições, o capim-elefante alcança de 30 a 40 toneladas. O eucalipto necessita de

sete anos para atingir um tamanho conveniente para o corte, enquanto o capim-elefante oferece duas a quatro colheitas anuais, devido ao seu rápido crescimento (Osava, 2007; Rocha, 2007; Agrosoft Brasil, 2008).

A Dedini S/A Indústrias de Base (empresa industrial mais conhecida por produzir centrais açucareiras e destilarias de álcool) assinou no dia 18 de julho de 2007, contrato com a Sykue Bionergy Eletricidade, que adiantou o processo de construção e instalação de uma termoeletrica em São Desidério, interior da Bahia (BA), sendo que segundo o superintendente da Divisão de Energia da Dedini, Jayme Schutz, essa é a primeira termoeletrica do país movida somente à capim-elefante, sendo uma energia renovável e limpa, além de ser mais barata e precisar de uma área menor de cultura (Revista Fator Brasil, 2006; Osava, 2007; Jornal de São Desidério, 2010).

2.5. Relação Colmo/folha

No Brasil, as gramíneas possuem grande importância, pois se constituem a base da alimentação dos animais dos rebanhos leiteiros e de corte. Dentre as diversas espécies utilizadas na alimentação agrícola está o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) que tem papel de destaque, pois é reconhecidamente uma forrageira perene, de alto potencial de produção de matéria seca e alto valor nutricional. É necessário, entretanto, que ela tenha condições climáticas adequadas, e também solo fértil e úmido, de forma que dê a planta condições para que a mesma produza de forma satisfatória.

Um fator importante nas plantas é a relação colmo/folha. Observa-se que nas primeiras semanas de rebrota, a gramínea apresenta alta razão de peso foliar, ou seja, alta proporção de folhas e praticamente nenhum entrenó (Tunes, 2011). Com o seu desenvolvimento, ocorre o alongamento do colmo, possibilitando o aparecimento de nós e entre-nós, e a partir desse momento cai a razão de peso foliar e cresce a relação colmo/folha.

Youngner (1972) diz que menores intervalos de corte refletem em menor peso de raízes, provocando diminuição no número de folhas e no perfilhamento das plantas, e, conseqüentemente, enfraquecimento da capineira. A relação colmo/folha

decrece com o avanço da idade da planta, assim como o teor de proteína bruta, mas o decréscimo é mais acentuado nos colmos do que nas folhas. Já os teores de fibra bruta aumentam com a idade da planta, e são maiores nos colmos do que nas folhas, assim como ocorre para lignina e celulose. Botrel *et al.* (1994), acrescenta que a alta produtividade tende a diminuir a relação folha/colmo. O fato é que clones mais produtivos de capim-elefante tendem a apresentar maior proporção de caules.

A relação folha-colmo constitui importante característica na avaliação da qualidade de materiais forrageiros (Pereira *et al.*, 2001), sendo de grande importância do ponto de vista nutritivo e de manejo das espécies forrageiras. Das variações de peso das frações folha e colmo, resultam diferenças entre as gramíneas forrageiras. Uma alta relação folha-colmo representa forragem de maior teor de proteína, digestibilidade e consumo. Por outro lado, o teor de fibra e seus componentes ricos em carbono passam a ser um parâmetro importante na determinação da viabilidade de se produzir capim-elefante para fins energéticos (Quesada, 2001).

Dessa forma, a finalidade do capim-elefante pode mudar dependendo da sua constituição. Quando novo, apresenta altos teores de proteína, podendo ser empregado na alimentação animal. Já quando apresenta uma maturação mais avançada, com altos teores de celulose e lignina, aumentando seu poder calorífico, pode ser utilizado para fins energéticos (Tunes, 2011).

A relação colmo/folha é importante na previsão do valor nutritivo de um cultivar, pois indica a proporção de caules presentes na forrageira. O valor nutritivo dos caules é menor que o das folhas, logo, a alta proporção de folhas em relação a colmos constitui característica desejável à forrageira, por estar diretamente relacionada à qualidade e ao consumo, principalmente em espécies forrageiras com colmos mais espessos, como o capim-elefante (Laredo & Minson, 1973). Ressalta-se que a qualidade do colmo está relacionada à idade de rebrota da planta.

Em geral, o teor de C nos tecidos vegetais apresenta mínima variação. Na biomassa vegetal do capim-elefante o teor de C é aproximadamente 42%, na base de matéria seca. Assim, uma produção média de biomassa seca de colmos de capim-elefante de 30 t.ha.ano⁻¹, como conseguida na Embrapa Agrobiologia, acumularia um total de 12,6 t C.ha.ano⁻¹.

Se toda a biomassa é utilizada na produção de carvão vegetal, e considerando que no processo de carvoejamento apenas 30% da biomassa se transforma em carvão, deduz-se que cerca de 3,8 Mg C ha.ano⁻¹ derivado do capim-elefante tem potencial de substituir o carbono mineral usado na produção de ferro gusa. Deve-se destacar que o carvão derivado da biomassa do capim-elefante serve tanto como fonte de energia como na própria constituição do ferro gusa (Urquiaga, *et.al.* 2006).

2.6. Viabilidade Econômica e a Cultura do Capim-elefante

Para que um determinado sistema produtivo seja ótimo, em termos de viabilidade econômica, cada vez mais, as organizações buscam a otimização dos processos de produção. Assim, no que concerne aos processos agroindustriais, à agricultura irrigada se apresenta como uma alternativa de modernização tecnológica, proporcionando assim uma produtividade melhor e viabilizando áreas nas quais as condições pluviométricas são adversas à exploração agrícola.

A utilização de um sistema de irrigação não se baseia apenas na aplicação de água, mas de um pacote tecnológico, como a inclusão de variedades apropriadas, utilização de insumos (adubo, inseticidas, herbicidas), condições fitossanitárias adequadas, dentre outras; o que torna os custos de produção muito elevados que, para se obter retorno econômico, demanda altas produtividades (Almeida, 1985). Dessa forma, o que uma organização almeja, são os lucros oriundos de seus investimentos, sabendo que existe uma série de fatores que podem contribuir para que o processo de otimização do seu sistema produtivos funcione da melhor maneira possível.

A premissa básica que norteia o comportamento do empresário é o de que ele busca a maximização dos lucros da empresa ou da sua receita líquida. Na determinação do nível de insumo variável que maximiza o lucro, o uso da análise marginal é o mais apropriado. Essa análise é utilizada para comparar o custo do insumo variável com a receita do produto. Um insumo variável deve ser adicionado ao processo produtivo até o ponto onde a mudança na renda, devido ao uso da última unidade de insumo, for maior ou igual à mudança no custo resultante da

última unidade empregada desse fator. Se a última unidade do insumo variável empregada aumentar mais a receita do que o custo, mais desse fator deve ser utilizado; contudo, se a última unidade de insumo aumentar mais os custos do que a receita, menor quantidade desse fator deve ser empregada (Lyra, 2007).

Assim, trabalhos que envolvem a viabilidade econômica, consistem no ajustamento dos dados disponíveis a formas matemáticas adequadas, que têm a finalidade de prever a curva ou superfície total de produção, começando pelas equações ajustadas, e derivar os elementos relevantes a cada estudo particular. Dessa maneira, a viabilidade econômica de um empreendimento expressa uma relação intrínseca entre a produção de um bem/serviço e os insumos e/ou fatores de produção necessários.

Nos agrossistemas e agronegócios, o adubo nitrogenado é o principal veículo de adição de "N". É um dos insumos de maior importância pelo desempenho crescente na produtividade vegetal e pelo atendimento da demanda de alimentos (Lopes, 2008). A adubação nitrogenada é reconhecida por inúmeros autores como um dos componentes que mais demandam energia na produção agropecuária, chegando a responder por até 50% de toda energia consumida nas etapas agrícolas de um sistema de produção (Cleveland, 1995; Laegreid *et al.* 1999; Pimentel & Patzek, 2005; Urquiaga *et al.* 2005).

Através do processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN), microrganismos simbióticos ou associativos são capazes de fixar nitrogênio atmosférico em formas orgânicas; entretanto, um dos maiores problemas encontrados no processo de modelagem matemática das pesquisas agroindustriais é a identificação do modelo e/ou função matemática que se adeque e descreva de forma significativa as relações básicas de insumo/produto (Taiz & Zeiger, 2006).

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é uma *paniceae* forrageira tropical de elevado potencial de produção de biomassa, sendo que, em função do elevado potencial de produção de biomassa, outra utilização tem sido proposta, caracterizada pela sua transformação em carvão. O carvão vegetal assim produzido poderá substituir o carvão artesanal (eucalipto) extraído de forma predatória de florestas nativas, na qual tem provocado danos ambientais, tais como acelerado assoreamento e consequente morte de diversos rios.

A obtenção de cultivares melhoradas poderá constituir-se em uma das mais importantes demandas, dos produtores de carvão, provenientes de capim-elefante, tornando-se intensa a procura por variedades para produção de biomassa adaptadas aos diferentes ecossistemas do Estado do Rio de Janeiro, com maior velocidade de crescimento, maior produtividade, melhor eficiência energética, maior eficiência na utilização de nutrientes, distribuição mais equitativa da produção de matéria seca durante o ano e resistente a pragas e doenças.

Observa-se que existe uma grande diversidade de elementos que podem ser usados para a produção de energia a partir do uso de sua biomassa, como a cana-de-açúcar, a madeira, resíduos agrícolas, eucalipto, etc., O capim-elefante, no entanto, possui alguns atributos que o tornam o campeão de biomassa como grande produtividade matéria verde, capacidade de geração de perfilho, etc.

2.7. Função de Produção

A produção de material energético alternativo por meio de biomassa vegetal representa atualmente um dos grandes desafios para a pesquisa, já que a continuação da queima desenfreada de petróleo, além de ser finita, contribui para o efeito estufa que ameaça o equilíbrio do clima da terra (Morais, 2008, *apud*, Flores, 2009). Dessa forma, o problema da demanda energética tornou-se uma preocupação mundial, sendo que muitos países buscam alternativas para o uso de combustíveis fósseis dependentes do petróleo e derivados, pelo fato de serem fontes finitas de energia. Como a queima de biomassa somente recicla CO₂ que foi retirado da atmosfera pela fotossíntese, isso indica que a longo prazo, esta será uma das alternativas energéticas mais seguras (Schemer *et al.*, 2008, *apud* Flores, 2009).

Grande parte da produção de energia está relacionada ao uso de derivados do petróleo, que contribuem consideravelmente para o aumento do efeito estufa. Neste contexto, foi estabelecido o tratado de Kyoto, para que os países poluidores reduzissem as emissões de gases causadores do efeito estufa. Essa é uma questão fundamental para a sobrevivência futura dos países, pois as fontes fósseis são finitas e poluidoras e contribuem para o aumento do efeito estufa.

A preocupação com o ambiente e o ganho econômico, quer seja por produtos valorizados, por não serem degradadores do ambiente, ou por créditos obtidos por meio do mecanismo de desenvolvimento limpo, previsto no Protocolo de Kyoto, são motivos para a busca de fontes alternativas de energia (Quesada, 2005, *apud*, Flores, 2009).

A espécie capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) está entre as gramíneas de maior capacidade de acumulação de matéria seca, por ter características qualitativas favoráveis para uso na produção de energia como altos teores de fibras, alta relação carbono/nitrogênio (C/N), alta relação colmo/folha (C/F), alto poder calorífico e baixo teores de cinzas, além de possuir um sistema radicular bem desenvolvido, que poderia contribuir de forma eficiente para aumentar o conteúdo de matéria orgânica do solo ou para o sequestro de carbono no solo (Urquiaga, *et al.*, 2006; Flores, 2009).

Um princípio básico da economia está relacionado à escassez dos recursos disponíveis, contrapondo-se às necessidades do homem que são ilimitadas. O conceito econômico de função de produção é a relação física entre as quantidades utilizadas de certo conjunto de insumos e as quantidades físicas máximas que podem ser obtidas do produto, para uma dada tecnologia conhecida (Silva, 2007; Carvalho, 2011).

Em comparação com outras fontes de energia, o capim-elefante apresenta-se com maior potencial energético. A biomassa seca do capim pode gerar até vinte e cinco unidades de energia para cada uma de origem fóssil consumida em seu processo de produção. Enquanto que, no processo de produção de etanol a partir da cana, a relação é de apenas nove unidades de energia para uma unidade gasta na produção (Osava, 2007). Dessa forma, a biomassa do capim-elefante, seja no processo de queima direta, na gaseificação ou na produção de carvão vegetal, possui elevado potencial de geração de energia.

A função de produção mostra a relação física entre produto e fatores de produção. Para Ponciano *et al.* (2006), como a premissa básica é a maximização dos lucros deve-se utilizar a análise marginal para determinação do nível de insumo variável que maximiza o lucro. O fator variável deve ser adicionado ao processo produtivo até o ponto onde a mudança na renda, devido ao uso da última unidade de

insumo, for maior ou igual à mudança no custo resultante da última unidade empregada desse fator. Dessa forma, um fator variável deve ser empregado até o ponto onde o valor adicional do produto for maior ou igual ao total adicional do custo do insumo.

A utilização de funções de produção permite encontrar soluções úteis na otimização do uso da água e dos fertilizantes na agricultura ou na previsão de rendimento das culturas (Frizzzone, 1986). Martins (1998), comenta que, o fator água pode ser maximizado em culturas irrigadas, o que permite também, a otimização dos demais fatores de produção. Para tal, o conhecimento das funções de produção e as superfícies de resposta são os instrumentos ideais de análise, pois permitem determinar as interações entre os fatores e escolher as soluções mais condizentes com a realidade local para o manejo racional da irrigação em bases técnicas e economicamente viáveis.

O uso da função de produção para análise e discussão dos resultados de experimentação agrícolas a cada dia se torna bastante difundidos. Seu uso está arraigado à determinação dos níveis economicamente ótimos dos fatores envolvidos no processo produtivo, dos quais são os principais pontos de aplicação em experimentos agrícolas. Assim, a função produção indica, em termos quantitativos, o máximo da quantidade do produto que pode ser produzido, baseado em uma determinada quantidade de fatores produtivos, bem como uma determinada tecnologia.

Tal conceito pode ser aplicado a produtos e/ou serviço, a empresas, setor de atividades industriais ou mesmo, de uma forma geral, a uma economia. O conhecimento das funções de produção e as superfícies de resposta são os instrumentos ideais de análise, pois permitem determinar as interações entre os fatores e escolher as soluções mais condizentes com a realidade local para o manejo racional da irrigação em bases técnicas e economicamente viáveis (Martins, 1998).

3. TRABALHOS

I - VARIAÇÃO DE CARACTERES MORFOAGRONÔMICOS E DA QUALIDADE DA BIOMASSA EM SEIS GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE (*Pennisetum purpureum* Schum.) EM FUNÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO EM CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ.

RESUMO

Objetivou-se neste trabalho a avaliação de seis genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.): Cubano Pinda, Mercker Pinda, Mercker 86 México, Cameroon Piracicaba, Guaçu I/Z2 e Roxo Botucatu, submetidos a diferentes níveis de adubação nitrogenada (100, 200, 400, 800 e 1600) Kg N.ha⁻¹, para ser aplicado em empreendimentos do Norte Fluminense na busca de novas tecnologias de energia sustentável. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, no esquema de parcelas subdivididas, seguido de teste de comparação múltiplas de Tukey e regressão polinomial conjunta. O estudo abordou a planta integral, bem como seu fracionamento em folha (lâmina) e caule (colmo), de modo a determinar a produtividade de cada um dos fatores separadamente. Observou-se que existe grande potencial de utilização dos genótipos (G4 - Cameroon Piracicaba) com produção máxima matéria seca de 60,97 toneladas mediante adubação ótima de 1995,64 Kg N.ha⁻¹ e o (G5 - Guaçu I/Z2) com 44,10 toneladas com adubação ótima de 662,18 Kg N.ha⁻¹ para fins energéticos dentre os genótipos que foram estudados.

ABSTRACT

The objective of this work was the evaluation of six genotypes of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.): Cuban Pinda, Mercker Pinda, 86 Mercker Mexico, Cameroon Piracicaba, Guaçu I/Z2 and Purple Botucatu, under different levels of nitrogen (100, 200, 400, 800, 1600) Kg N.ha⁻¹, to be applied in North Fluminense developments in the search for new sustainable energy technologies. The experimental design was a randomized complete block in a split-plot, followed by multiple comparison test of Tukey and joint polynomial regression. The study addressed the whole plant as well as its subdivision sheet (blade) and stem (culm) in order to determine the productivity of each factor separately. It was observed that there is great potential for the use of genotypes (G4 - Cameroon Piracicaba) with maximum dry matter production of 60.97 tons through optimal fertilization of 1995,64 Kg N.ha⁻¹ and (G5 - Guaçu I/Z2) with 44,10 tonnes with optimum fertilization 662,18 Kg N.ha⁻¹ for energy among the genotypes that were studied.

1. INTRODUÇÃO

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é uma *paniceae* forrageira que possui elevado potencial de produção de biomassa. Durante muitos anos, o capim-elefante foi empregado, quase exclusivamente na produção animal, para formação de capineiras, sendo utilizado na forma de verde picado e silagem. Com o desenvolvimento da tecnologia de pastejo rotativo e visando a intensificação da produção de leite e carne, aumentou-se o interesse pela sua utilização na formação de pastagens. Recentemente, em função do elevado potencial de produção de biomassa do capim-elefante, outra utilização tem sido proposta, caracterizada pela sua transformação em carvão.

O carvão vegetal produzido do capim-elefante poderá substituir o carvão artesanal extraído de forma predatória de florestas nativas, a qual tem provocado danos ambientais tais como acelerado assoreamento e consequente morte de diversos rios. Observa-se também que existe uma grande variabilidade genética da espécie, fato este que faz pressupor a existência de uma excelente oportunidade de sucesso num programa de melhoramento e otimização de seu processo de produção, dado que estas informações podem auxiliar na escolha dos materiais a serem selecionados e/ou combinados de modo que as cultivares a serem desenvolvidas apresentem elevado potencial para produção de biomassa, concentrando nesta característica o grande objetivo de diversos programas de melhoramento do capim-elefante.

A obtenção de cultivares melhoradas poderá constituir-se numa das mais importantes demandas dos produtores de carvão proveniente de capim-elefante, tornando-se intensa a procura por variedades para produção de biomassa adaptadas aos diferentes ecossistemas do Estado do Rio de Janeiro, com maior velocidade de crescimento, maior produtividade, melhor eficiência energética, maior eficiência na

utilização de nutrientes, distribuição mais equitativa da produção de matéria seca durante o ano e resistente a pragas e doenças.

A Embrapa Gado de Leite, sediada em Juiz de Fora, MG, dispõe de um banco ativo de germoplasma com mais de 120 acessos de capim-elefante (BAG-CE). Observa-se que existe ampla variabilidade genética na espécie (Pereira, 1992; Tcacenco & Botrel, 1994; Xavier *et al.*, 1995; Lowe *et al.*, 1996; Daher *et al.*, 1997a,b, 2002 & 2003), fato que faz pressupor a existência de uma excelente oportunidade de sucesso em um programa de avaliação, dado que estas informações podem auxiliar na escolha dos materiais a serem selecionados e/ou combinados de modo que as cultivares a serem desenvolvidas apresentem elevado potencial para produção de biomassa.

O objetivo desse trabalho foi a avaliação de seis genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.): Cubano Pinda, Mercker Pinda, Mercker 86 México, Cameroon Piracicaba, Guaçu I/Z2 e Roxo Botucatu, por meio de características morfoagronômicas e da qualidade da biomassa submetidos a diferentes níveis de adubação nitrogenada (100, 200, 400, 800 e 1600 Kg N.ha⁻¹), para ser aplicado em empreendimentos do setor ceramista na região Norte Fluminense na busca de novas fontes alternativas de energia sustentável.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização, Solo e Clima

O experimento foi plantado dia 26/04/2010 e conduzido no Centro Estadual de Pesquisas em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos, no município de Campos dos Goytacazes/RJ, situado a 13 metros de altitude, com $-21^{\circ} 45' 15''$ de latitude e $41^{\circ} 19' 28''$ de longitude, sendo o clima da cidade quente e úmido e com temperatura média anual de $22,7^{\circ} \text{C}$. A análise do solo foi realizada pelo Centro de Análises do Solo da UFRRJ no dia 27/08/2009, tendo obtido os seguintes valores com mostra tabela 01 abaixo, para posterior preparo e calagem.

Tabela 01 - Análise química do solo da área experimental, na camada de 0 - 0,20m de profundidade.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al	Na	SB	T	C	M.O	V
	mg/dm ³			cmolc/dm ³						g/dm ³		%
5,2	5,7	104,7	1,5	0,7	0,7	0,7	0,03	2,5	6,3	1,0	16,9	40

Em que: SB = soma de bases; T = CTC a pH 7,0; t = CTC efetiva; m = saturação de alumínio; V = saturação de base.

2.2. Obtenção do Material Experimental

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (LEAG/CCTA/UENF), em Campos dos Goytacazes. O plantio foi realizado por meio de pedaços de colmos, em fileira simples, em sulcos de 10 cm de profundidade, acompanhado de 100 Kg.ha^{-1} de Superfosfato Simples (P_2O_5) incorporados no fundo do sulco. Decorridos cinquenta dias após o plantio,

completou-se a adubação cobertura com 25 Kg.ha⁻¹ de Sulfato de Amônio ((NH₄)₂SO₄) e Cloreto de Potássio (KCl).

Os acessos foram provenientes do Banco Ativo de Germoplasma de Capim-elefante (BAGCE) da Embrapa Gado de Leite, localizado em Coronel Pacheco (MG) e foram previamente selecionados e avaliados do trabalho de Rossi (2010) por apresentarem características superiores em termos de geração de biomassa, tais como produção de matéria seca, alta relação folha/colmo, etc. Os genótipos foram classificados da seguinte forma: Cubano Pinda (G1), Mercker Pinda (G2), Mercker 86 México (G3), Cameroon Piracicaba (G4), Guaçu I/Z2 (G5) e Roxo Botucatu (G6). A escolha do material teve como critérios as suas características edafoclimáticas, de modo que pudessem abranger bem a categoria em estudo, assim como mostra a tabela 02 abaixo.

Tabela 02 - Identificação dos seis acessos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) componentes do Banco de Germoplasma da Embrapa Gado de Leite, sediada em Coronel Pacheco, MG utilizados para o atual Experimento.

Genótipos	Código do BAGCE	Identificação	Procedência
G1	BAGCE -18	Cubano Pinda	UFRRJ – Seropédica – RJ
G2	BAGCE -20	Mercker Pinda México	UFRRJ – Seropédica – RJ
G3	BAGCE -21	Mercker 86 – México	Colômbia
G4	BAGCE -38	Cameroon Piracicaba	ESALQ – Piracicaba
G5	BAGCE -60	Guaçu I/Z2	Nova Odessa – SP
G6	BAGCE -65	Roxo Botucatu	UNESP – Botucatu

2.3. Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de fatoriais em blocos casualizados, no esquema de parcelas subdivididas, compostos de dois fatores: Fator I (parcelas): genótipos - 6 clones, Fator II (subparcelas): nitrogênio - 5 níveis (100, 200, 400 800 e 1600) sendo as adubações realizadas nos dias: 12/11/2010, 08/12/2010, 17/01/2011, 01/03/2011 e 23/03/2011.

O plantio foi realizado em uma área de 2418m² (46,5m x 52,0m), contendo três blocos com sub-subparcelas de 3m de comprimento por 3m de largura em um total de 72m em todo o experimento. Cada bloco teve 24 sub-subparcelas compostas de três linhas espaçadas de um metro de distância, com espaço de 1,5m entre as sub-subparcelas. O corte de uniformização foi realizado no dia 04/08/2010 (15 semanas após o plantio) e o corte para fins de experimento foi realizado no dia 23/05/2011. A tabela 03 abaixo especifica as fontes de variação, bem como os graus de liberdade para o modelo de parcelas subdivididas.

Tabela 03 - Modelo de Análise de Variância para Esquema de Parcelas Subdividas com Respetivos Graus de Liberdade no Delineamento em Blocos Casualizados

PARCELAS SUBDIVIDIDAS NO DBC				
FV	GL	SQ	QM	F
(R)	(r - 1)	SQBlocos	QMBlocos	
Parcela(F ₁)	(a - 1)	SQF ₁	QMF ₁	QMF ₁ /QMErro a
Erro a	(r - 1) (a - 1)	SQErro a	QMErro a	
Subparcela(F ₂)	(b - 1)	SQF ₂	QMF ₂	QMF ₂ /QMErro b
(F ₁) x (F ₂)	(a - 1) (b - 1)	SQF ₁ F ₂	QMF ₁ F ₂	QM F ₁ F ₂ /QMErro b
Erro b	(r - 1) (b - 1) + (r - 1) (a - 1) (b - 1)	SQErro b	QMErro b	
Total	(abr - 1)			

R=Bloco; F1=Genótipo; F2=Nitrogênio.

O modelo estatístico de Experimentos Fatoriais em Blocos Casualizados no Modelo de Parcela Subdividida (split-plot) foi:

$$Y_{ijl} = \mu + B_l + F1_i + \varepsilon_{il} + F2_j + F1F2_{ij} + \varepsilon_{ijl};$$

Em que:

Y_{ijl} = é o efeito do i -ésimo nível do fator F1, j -ésimo nível do fator F2 e l -ésima repetição;

μ = Média Geral;

B_l = Efeito do k -ésimo bloco ($l = 1, 2, \dots, L$);

$F1_i$ = Efeito do i -ésimo fator ($i = 1, 2, \dots, I$);

ε_{il} = Resíduo ou Erro Aleatório (l)

F2_j = Efeito do j-ésimo fator ($j = 1, 2, \dots, J$);

F1F2_{ij} = Efeito da interação do i-ésimo fator ($i = 1, 2, \dots, I$) com o j-ésimo fator ($j = 1, 2, \dots, J$);

ϵ_{ijl} = Resíduo ou Erro Aleatório (II)

Neste trabalho foram avaliadas características morfoagronômicas e de qualidade da biomassa. Antes do corte foram avaliadas as seguintes características: número de perfilhos (NP); altura das plantas (ALT), expresso em metro, medido com régua graduada, tomado com base na altura média das plantas na parcela; diâmetro do Colmo (DM), expresso em centímetro, medido através do uso de paquímetro digital; largura da lâmina foliar (LM), expresso em centímetro, medido com régua graduada no centro da lâmina foliar.

O fracionamento do material foi obtido da seguinte maneira. A respeito da relação folha/colmo, foi separado em folha e colmo + bainha, pesado e colocado separadamente em sacos de papel, os quais foram encaminhados diretamente para estufa de circulação forçada a 65°C por 72 horas. Posteriormente, as amostras foram pesadas e moídas em moinho tipo Wiley com peneiras de crivos de 1mm e acondicionadas em recipiente hermeticamente fechado para serem analisadas posteriormente. O mesmo procedimento foi adotado para análises da planta inteira, porém, sem separação de colmo e folha. O experimento foi conduzido sob condições naturais e sem uso de irrigação.

Uma das etapas de avaliação do material foi realizada no Laboratório de Zootecnia e Nutrição Animal da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (LZNA/UENF), onde foram calculadas as seguintes características: produção de matéria seca da planta, em $t \cdot ha^{-1}$, (%MS) estimada pelo produto da produção de matéria verde da planta integral, pela percentagem de matéria seca da planta integral, sendo o valor obtido convertido para $t \cdot ha^{-1}$ realizada de acordo com a metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002).

A seguinte etapa de avaliação foi realizada no Laboratório de Análise de Alimentos da Embrapa Gado de Leite, Coronel Pacheco (MG), pelo método da refletância no infravermelho proximal (NIRS) em um espectrômetro Perstorp analytical, Silver Spring, MD, modelo 5000, acoplado a um microcomputador

equipado com software ISI versão 4.1 (Infrasoft International, University, Park, PA). A leitura foi realizada utilizando-se os comprimentos de onda de 1100 a 2500 nanômetros. Por esta metodologia foram analisadas as seguintes características: Percentagem de Fibra em Detergente Neutro (%FDN); Percentagem de Cinzas (%CINZA); Percentagem de Fibra em Detergente Acido (%FDA); Percentagem de Lignina (%LIG); Percentagem de Celulose (%CEL); Percentagem de Hemicelulose (%HEMICEL).

Para situações em que houve efeito significativo envolvendo fonte de variação genótipo, foram utilizados os testes de comparações múltiplas de Tukey, ao nível de significância de 5%; e para o caso de efeito significativo envolvendo fontes de variação doses de nitrogênio, foi utilizada análise de regressão polinomial conjunta para os modelos lineares de 1º e de 2º grau, com as respectivas análises de variância de regressão, testando as significâncias das fontes de variação devido a regressão e devido aos desvios de regressão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise de Variância

Para as características morfoagronômicas mostradas na tabela 04, NP, ALT, DM, %COLMO e %MS, não houve efeito da interação genótipo versus nitrogênio ($P>0,05$), indicando independência entre os fatores. Por outro lado, houve efeito significativo da interação ($P<0,05$) para as demais características, sendo que apenas para a característica PMSTHA houve efeito em nível de significância de 1%.

Considerando os efeitos principais das características morfoagronômicas genótipo e nitrogênio, apenas para a característica %COLMO, não se verificou efeito significativo para nitrogênio ($P>0,05$), ou seja, não houve efeito da adubação, sendo que houve efeito significativo para o nitrogênio ($P<0,01$) em todas as outras características, excetuando apenas PMSLTHA com nível de significância de 5%. Assim observou-se que o efeito adubação, não influencia na percentagem de colmo do capim-elefante e que a variação é oriunda apenas do fator genético. Para a característica genótipos, observou-se que todas as características tiveram efeito significativo ($P<0,01$), excetuando PMSCTHA, ALT e LM, com efeito de ($P<0,05$).

Observou-se que, para as características morfoagronômicas, com exceção do PMSTHA, o coeficiente de variação genético foi sempre maior que o experimental em todas as características abordadas, o que expressa que há uma maior magnitude das variações envolvendo genótipo em relação às variações envolvendo doses de nitrogênio, indicando uma grande variabilidade entre genótipos.

Tabela 04 - Estimativa dos quadrados médios (QM) e seus níveis de significâncias para as características morfoagronômicas de seis genótipos de capim-elefante: Cubano Pinda (G1), Mercker Pinda México (G2), Mercker 86 México (G3), Cameroon Piracicaba (G4), Guaçu I/Z2 (G5) e Roxo Botucatu (G6).

F.V.						Q.M.				
	PMSTHA	PMSCTHA	PMSLTHA	NP		ALT	DM	LM	%COLMO	%MS
GENÓTIPOS (G)	573,10 **	228,10 *	127,81 **	616,03 **		0,65 *	0,12 **	3,01 *	249,63 **	51,72 **
NITROGÊNIO (N)	403,52 **	178,74 **	47,01 *	268,60 **		2,56 **	0,39 **	5,87 **	13,07 ns	22,80 **
INTERAÇÃO (GxN)	176,53 **	62,94 *	32,71 *	62,84 ns		0,04 ns	0,01 ns	0,28 *	15,57 ns	7,13 ns
MÉDIA	35,03	22,77	12,26	27,55		3,54	1,60	4,71	65,19	32,24
C.V. PARCELA (%)	16,44	32,24	35,43	31,81		12,09	8,90	16,55	9,98	8,73
C.V.SUBPARCELA (%)	20,56	25,56	32,76	27,01		6,91	7,35	8,05	5,88	6,28

PMSTHA= Produção de Matéria Seca da Planta, em t.ha⁻¹; PMSCTHA= Produção de Matéria Seca do Colmo da Planta, em t.ha⁻¹; PMSLTHA= Produção de Matéria Seca da Lâmina Foliar da Planta, em t.ha⁻¹; NP = Número de Perfilhos por Metro; ALT = Altura das Plantas em Metros; DM = Diâmetro de Colmo em Milímetros; LM= Largura da Lamina Foliar em Centímetros; %COLMO=Porcentagem do Colmo; %MS=Porcentagem de Matéria Seca;

Tabela 05 - Estimativa dos quadrados médios (QM) e seus níveis de significâncias para as características de qualidade biomassa de seis genótipos de capim-elefante: Cubano Pinda (G1), Mercker Pinda México (G2), Mercker 86 México (G3), Cameroon Piracicaba (G4), Guaçu I/Z2 (G5) e Roxo Botucatu (G6).

F.V.	Q.M.						
	%FDN	%CINZA	%FDA	%LIG	%CEL	%HEMFDNLIGCEL	%HEMFDNFDA
GENÓTIPOS (G)	19,63 **	2,05 *	62,07 **	18,17 **	21,24 **	12,22 **	13,00 **
NITROGÊNIO (N)	5,83 **	0,38 ns	7,75 **	0,13 ns	13,83 **	1,75 *	0,26 ns
INTERAÇÃO (GxN)	2,15 ns	0,30 ns	3,07 ns	0,56 ns	1,70 *	0,94 *	0,88 ns
MÉDIA	76,73	4,19	48,07	8,71	38,93	29,09	28,66
C.V. PARCELA (%)	2,02	18,58	4,21	10,93	3,35	2,46	2,80
C.V.SUBPARCELA (%)	1,45	12,83	2,93	7,19	2,34	2,47	2,58

%FDN=Porcentagem de Fibra em Detergente Neutro; %CINZA= Porcentagem de Cinza; %FDA=Porcentagem de Fibra em Detergente Ácido; %LIG=Porcentagem de Lignina; %CEL=Porcentagem de Celulose; %HEMFDNLIGCEL=Porcentagem de Hemicelulose baseado no FDN, Lignina e Celulose; %HEMFDNFDA=Porcentagem de Hemicelulose baseado no FDN e FDA;

Para as características de qualidade de biomassa mostradas na tabela 05, %FDN, %CINZA, %FDA, %LIG e %HEMFDNFDA, não houve efeito da interação genótipo versus nitrogênio ($P>0,05$), indicando independência entre os fatores. Para as demais características %CEL e %HEMFDNLIGCEL, entretanto, houve efeito significativo da interação ($P<0,05$). Para efeitos principais das características de qualidade da biomassa genótipo e nitrogênio, entretanto, observou-se que não houve a adubação e não surtiu efeito significativo ($P>0,05$) para as características %CINZA, %LIG e %HEMFDNFDA, sendo que dentre as demais características, a adubação surtiu efeito significativo ($P<0,01$), excetuando %HEMFDNLIGCEL, com efeito de ($P<0,05$).

Para a característica genótipos, observou-se que todas as características de qualidade de biomassa tiveram efeito significativo ($P<0,01$), excetuando %CINZA, com efeito de ($P<0,05$).

Verificou-se que, para as características de qualidade de biomassa, com exceção da %HEMFDNLIGCEL, o coeficiente de variação genético foi sempre superior ao coeficiente de variação experimental em todas as características. Tal resultado mostra, assim como nas características morfoagronômicas que existe uma maior magnitude das variações envolvendo genótipo em relação às variações envolvendo doses de nitrogênio.

3.2. Agrupamento de Médias (Teste de Tukey)

Observou-se que, para as características de qualidade de biomassa, especificadas na tabela 05, na característica PMSTHA, o genótipo G4 foi o que melhor se sobressaiu nas doses N1, N4 e N5, sendo que o melhor desempenho foi na dose N5. Já nas doses N2 e N3 foram o genótipo G5. Para a PMSCTHA nas doses N1, N4 e N5, as médias entre os genótipos não diferiram entre si estatisticamente. Na dose N2 o genótipo que teve o melhor desempenho foi o genótipo G5. Na dose N4, os genótipos que melhor obtiveram desempenho foram o G4 e o G1. Na PMSLTHA, o genótipo que melhor se sobressaiu foi o G4 nas doses N4 e N5. Para a dose N1 as médias não diferem estatisticamente. Já para as doses N2 e N3 o genótipo que melhor se sobressaiu foi o G5.

O NP apresentou o mesmo padrão dos fatores avaliados anteriormente, ou seja, o genótipo que melhor sobressaiu nas doses N4 e N5 foi o G4. Na dose N1, as médias entre os genótipos não diferiram estatisticamente. Já nas doses N2 e N3 foi o G5 que

obteve o melhor desempenho. Na adubação N5, com a exceção do genótipo G5, o qual apresentou média entre as classificações “a” e “b”, os genótipos G1, G2, G3 e G6 não diferiram estatisticamente entre si e obtiveram a classificação “b”. Já o que apresentou melhor média foi o G4 com classificação “a”.

A ALT apresentou bastante homogeneidade, nas doses N1, N3 e N5, nas quais não existem diferenças significativas entre as médias. Já na dose N2, o genótipo que obteve o melhor desempenho foi o G6 com classificação “a”, sendo que o genótipo G5 obteve classificação “b”, e os demais genótipos G1, G2, G3 e G4, obtiveram classificação “ab”. Para a dose N4, o genótipo que obteve melhor desempenho foi o G3 com classificação “a”, os genótipos G1, G2, G4 e G6 com classificação “ab” e o G5 com classificação “b”.

Com relação DM, para as doses N1, N3 e N5, não existem diferenças estatísticas entre as médias. Para a dose N2, no entanto, os genótipos G3, G1 e G6 obtiveram classificação “a”, o G2 e o G4 com classificação “ab” e o G5 com classificação “b”. Na dose N4, os genótipos G3 e G1 obtiveram a classificação “a” e o G6, G2 e o G4 com classificação “ab” e G5 com classificação “b”.

Para a característica LL o genótipo com melhor desempenho foi o G4 para as doses N1, N2 e N5, sendo que na dose N1, os que obtiveram o melhor desempenho com classificação “a”, foram G4, G1 e G5. Para a dose N3, a melhor média de genótipo foi o G1, com classificação “a”, a segunda melhor média foi o G2 e os demais não diferiram estatisticamente. Para a dose N4, o melhor desempenho da média foram os genótipos G5 e G1 com classificação “a” em ambos.

Para a %COLMO, na dose N1, o genótipo que melhor mostrou desempenho foi o G2. Para as doses N2 e N5, o que melhor se sobressaiu foi o genótipo G3. Para a dose N3 os que melhor mostraram desempenho foram os genótipos G2 e G3. Para a dose N4, os que melhor desempenharam foram os genótipos G3 e G1. Com relação a %MS, os genótipos que apresentaram melhor desempenho foram o G1 e G2 para a dose N1. Para as doses N2 e N3 não houve diferença significativa entre as médias. Para a dose N4 os genótipos G1, G2 e G5 foram os que obtiveram melhor classificação média. Já para a dose N5 os genótipos G5, G4, G2 e G1 foram os que obtiveram melhor classificação com termo “a”.

Tabela 06 - Teste de comparação de médias (Tukey) de seis genótipos de capim-elefante: Cubano Pinda (G1), Mercker Pinda México (G2), Mercker 86 México (G3), Cameroon Piracicaba (G4), Guaçu I/Z2 (G5) e Roxo Botucatu (G6) em relação as suas características morfoagronômicas.

PMSTHA

GENÓTIPOS	DOSES DE NITROGÊNIO				
	N1	N2	N3	N4	N5
Cubano Pinda (G1)	31,3327 ab	38,0648 ab	37,1804 ab	45,1529 ab	37,5502 b
Mercker Pinda (G2)	25,0227 ab	38,7575 ab	28,1075 b	33,8524 bc	37,2850 b
Mercker 86 México (G3)	24,4238 ab	32,8281 b	37,4329 ab	27,8055 bc	38,0063 b
Cameroon Piracicaba (G4)	36,7037 a	23,6664 b	31,0948 b	52,8061 a	57,9469 a
Guaçu I/Z2 (G5)	28,4663 ab	53,2087 a	50,0419 a	36,7495 abc	40,5872 ab
Roxo Botucatu (G6)	17,6153 b	27,2970 b	28,6981 b	23,8565 c	29,3883 b

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL não diferem estatisticamente entre si.

PMSCTHA

GENÓTIPOS	DOSES DE NITROGÊNIO				
	N1	N2	N3	N4	N5
Cubano Pinda (G1)	20,8943 a	25,5215 ab	25,4273 a	32,1005 a	25,9266 a
Mercker Pinda (G2)	18,0166 a	25,6332 ab	19,4629 a	22,8408 ab	25,7347 a
Mercker 86 México (G3)	15,6574 a	23,1047 ab	25,6126 a	19,8793 ab	27,3049 a
Cameroon Piracicaba (G4)	22,7234 a	14,2569 b	19,4488 a	33,0816 a	33,0200 a
Guaçu I/Z2 (G5)	17,6952 a	32,4653 a	30,7139 a	23,3841 ab	25,5127 a
Roxo Botucatu (G6)	10,8826 a	16,2567 b	16,9840 a	14,5042 b	19,0916 a

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL não diferem estatisticamente entre si.

PMSLTHA

GENÓTIPOS	DOSES DE NITROGÊNIO				
	N1	N2	N3	N4	N5
Cubano Pinda (G1)	10,4384 a	12,5433 ab	11,7530 ab	13,0525 ab	11,6236 b
Mercker Pinda (G2)	7,0061 a	13,1243 ab	8,6446 b	11,0116 ab	11,5503 b
Mercker 86 México (G3)	8,7665 a	9,7235 b	11,8204 ab	7,9262 b	10,7013 b
Cameroon Piracicaba (G4)	13,9803 a	9,4095 b	11,6459 ab	19,7245 a	24,9269 a
Guaçu I/Z2 (G5)	10,7710 a	20,7433 a	19,3280 a	13,3654 ab	15,0745 b
Roxo Botucatu (G6)	6,7328 a	11,0402 ab	11,7141 ab	9,3522 b	10,2967 b

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL não diferem estatisticamente entre si.

Tabela 06 – Cont.

NP

GENÓTIPOS	DOSES DE NITROGÊNIO				
	N1	N2	N3	N4	N5
Cubano Pinda (G1)	19,5556 a	24,8889 ab	24,4444 ab	27,7778 ab	26,0000 b
Mercker Pinda (G2)	20,2667 a	31,0707 ab	23,5556 ab	25,7778 ab	29,7778 b
Mercker 86 México (G3)	17,4222 a	21,5556 b	26,8889 ab	28,8889 ab	27,1111 b
Cameroon Piracicaba (G4)	31,1228 a	26,0000 ab	30,2091 ab	41,3675 a	49,7143 a
Guaçu I/Z2 (G5)	27,3778 a	40,8889 a	39,5959 a	33,9716 ab	33,1111 ab
Roxo Botucatu (G6)	13,5429 a	19,1111 b	19,7778 b	19,7778 b	26,0000 b

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL não diferem estatisticamente entre si.

ALT

GENÓTIPOS	DOSES DE NITROGÊNIO				
	N1	N2	N3	N4	N5
Cubano Pinda (G1)	3,0133 a	3,8833 ab	3,6667 a	3,7833 ab	3,7000 a
Mercker Pinda (G2)	2,9600 a	3,8000 ab	3,7833 a	3,5333 ab	3,3667 a
Mercker 86 México (G3)	2,9867 a	4,0667 ab	3,9833 a	4,0333 a	3,8833 a
Cameroon Piracicaba (G4)	2,7067 a	3,6167 ab	3,4167 a	3,5500 ab	3,5000 a
Guaçu I/Z2 (G5)	2,7067 a	3,4833 b	3,4333 a	3,3000 b	3,4167 a
Roxo Botucatu (G6)	2,9333 a	4,1667 a	4,0000 a	3,8333 ab	3,7500 a

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL não diferem estatisticamente entre si.

DM

GENÓTIPOS	DOSES DE NITROGÊNIO				
	N1	N2	N3	N4	N5
Cubano Pinda (G1)	1,4133 a	1,8111 a	1,6222 a	1,6889 a	1,7000 a
Mercker Pinda (G2)	1,3067 a	1,7111 ab	1,7000 a	1,5111 ab	1,5666 a
Mercker 86 México (G3)	1,4667 a	1,8222 a	1,7556 a	1,7000 a	1,8333 a
Cameroon Piracicaba (G4)	1,2711 a	1,6111 ab	1,5666 a	1,4222 ab	1,7000 a
Guaçu I/Z2 (G5)	1,2978 a	1,4889 b	1,6667 a	1,4000 b	1,6334 a
Roxo Botucatu (G6)	1,4044 a	1,7778 a	1,7222 a	1,6445 ab	1,7889 a

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL não diferem estatisticamente entre si.

LM

GENÓTIPOS	DOSES DE NITROGÊNIO				
	N1	N2	N3	N4	N5
Cubano Pinda (G1)	4,0889 a	4,2667 cd	5,4556 a	5,3333 a	4,7445 bc
Mercker Pinda (G2)	2,9778 b	4,0111 d	4,4000 b	4,3556 b	4,0444 c
Mercker 86 México (G3)	3,3333 ab	4,6667 bcd	4,7667 ab	4,5111 ab	4,9333 bc
Cameroon Piracicaba (G4)	4,1333 a	5,7111 a	5,1111 ab	4,9889 ab	5,9000 a
Guaçu I/Z2 (G5)	4,0178 a	5,1111 abc	5,3000 ab	5,4000 a	5,5445 ab
Roxo Botucatu (G6)	3,6533 ab	5,2000 ab	5,0333 ab	5,0778 ab	5,2334 ab

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL não diferem estatisticamente entre si.

Tabela 06 – Cont.

%COLMO

GENÓTIPOS	DOSES DE NITROGÊNIO				
	N1	N2	N3	N4	N5
Cubano Pinda (G1)	66,7040 ab	66,5009 ab	68,2227 ab	70,9798 a	69,4529 ab
Mercker Pinda (G2)	71,6595 a	65,9589 ab	69,8134 a	67,5499 ab	69,9077 ab
Mercker 86 México (G3)	64,1198 ab	70,3594 a	68,8338 a	71,8262 a	71,5514 a
Cameroon Piracicaba (G4)	62,1625 b	60,4779 b	62,5303 ab	63,1461 ab	57,1711 c
Guaçu I/Z2 (G5)	61,5885 b	61,0053 b	61,6373 ab	63,4750 ab	61,4562 bc
Roxo Botucatu (G6)	61,8139 b	60,5223 b	59,3902 b	60,5722 b	65,2757 abc

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL não diferem estatisticamente entre si.

%MS

GENÓTIPOS	DOSES DE NITROGÊNIO				
	N1	N2	N3	N4	N5
Cubano Pinda (G1)	34,9213 a	35,3658 a	33,6569 a	32,8574 a	33,2768 a
Mercker Pinda (G2)	34,1125 a	31,3422 a	32,2720 a	32,6106 a	33,8338 a
Mercker 86 México (G3)	32,5194 ab	33,1069 a	32,3438 a	25,7723 c	31,4989 ab
Cameroon Piracicaba (G4)	32,8001 ab	32,9576 a	34,0432 a	31,3369 ab	34,1946 a
Guaçu I/Z2 (G5)	32,5440 ab	33,1969 a	34,9918 a	32,2176 a	34,2229 a
Roxo Botucatu (G6)	29,1421 b	32,0546 a	30,4481 a	26,9837 bc	26,5993 b

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL não diferem estatisticamente entre si.

Em termos de produtividade máxima alcançada pela adição de doses crescentes de nitrogênio e em relação às características morfoagronômicas avaliadas, nos seis genótipos abordados neste trabalho, três mereceram destaque: Guaçu I/Z2 (G5), Cameroon Piracicaba (G4) e Cubano Pinda (G1).

O genótipo Guaçu I/Z2 (G5) obteve classificação “a”, em todas as doses nas seguintes características morfoagronômicas avaliadas: PMSTHA, PMSCTHA, NP, LM e %MS. Sua produção máxima, entretanto, em relação a todas as características avaliadas está entre as doses de 200 a 400 Kg N.ha⁻¹, com exceção da característica LM, que apresentou ganho crescente de produtividade, à medida que se aumentou a dose de N. Observou-se, entretanto, que nas características DM, %COLMO e %MS, esse genótipo obteve o melhor resultado com doses, aproximadamente, 400 Kg N.ha⁻¹. Assim, observa-se que de uma forma geral esse genótipo tem grande potencial de produtividade com menores doses de adubação nitrogenada.

Com relação ao genótipo Cameroon Piracicaba (G4), a classificação “a”, obtida em todas as doses nas características morfoagronômicas avaliadas foram: NP, ALT, DM, LM e %MS. Observou-se que, de uma forma geral, a adição de doses crescentes de nitrogênio influenciou nesse genótipo em termos lineares, ou seja, houve ganho de produtividade à medida que se aumentou as doses de adubação, com destaque para as características PMSTHA, PMSLTHA, NP, DM, LM e %MS, que na dose de 1600 Kg N.ha⁻¹, obtiveram o maior ganho de produtividade em relação a todos os genótipos abordados neste trabalho.

Para o genótipo Cubano Pinda (G1) a classificação “a”, obtida em todas as doses nas características morfoagronômicas avaliadas foram: PMSCTHA, ALT, DM, %COLMO, %MS. Esse genótipo obteve sua maior produtividade na dose de 800 Kg N.ha⁻¹ em relação às características PMSTHA, PMSCTHA, PMSLTHA NP, LM, %COLMO, sendo que para as outras características restantes ALT, DM e %MS, seu melhor desempenho foi para dose de 200 Kg N.ha⁻¹.

As características de qualidade de biomassa são especificadas abaixo, na tabela 07:

A %FDN para a dose N1, o genótipo que obteve o melhor desempenho foi o G2, sendo que nas doses N2, N3, N4 e N5 o genótipo que obteve o melhor desempenho foi o G3. Para a %CINZA, nas doses de N1, N2, N3, não houve diferença significativa entre as médias. Para a dose N4, no entanto, os genótipos que obtiveram os melhores resultados foram o G4 e o G6. Já para dose N5, o que obteve melhor desempenho foi o G6. Para a %FDA, para a dose N1, o genótipo que obteve o melhor desempenho foi o G2, sendo que nas demais doses N2, N3, N4 e N5, o genótipo que obteve o melhor desempenho foi o G3.

Para %LIG e em relação à dose N1, os genótipos que melhor se sobressaíram foram o G2 e o G1, sendo que o pior resultado foi para o G5 com classificação “c”. Para a dose N2, os melhores resultados foram para os genótipos G3 e G2, seguidos dos resultados intermediários dos genótipos G6 e G1, e os piores resultados médios foram o G5 e G4. Para a dose N3, o melhor resultado foi o G3 com classificação “a”, e o pior resultado foi o G4, com classificação “d”. Para a dose N4, os genótipos que obtiveram melhor desempenho foram G6, G3 e G2, sendo o pior resultado médio o G5, com

classificação “c”. E para a dose N5 os melhores resultados foram o G3 e o G2 com classificação “a”, sendo o pior resultado para o G4 com classificação “c”.

Para a %CEL, na dose N1, o genótipo que obteve o melhor valor foi o G2 com classificação “a”, sendo que o pior valor médio nessa dose foi o genótipo G6 com classificação “c”. Para as demais doses N2, N3, N4 e N5, o que obteve o melhor valor em todos foi o G3. Os piores valores médios encontrados foram: para a dose N2 foi o genótipo G6; para a dose N3, foram os genótipos G4, e G6; para a dose N4, foi o genótipo G5; e para a dose N5 foi o genótipo G6.

Em relação à %HEMFDNLIGCEL nas doses N1 e N4 o genótipo que melhor sobressaiu foi o G5. Para a dose N2, o melhor foi o G6, para a dose N3 foram os genótipos G6 e G4, e para a dose N5, foi o G4. Para a outra forma de cálculo da percentagem de hemicelulose (%HEMFDNFDA) para as doses N1 e N2, as médias dos genótipos não diferiram estatisticamente. Para as doses N3, N4 e N5, os genótipos que melhor se sobressaíram foram o G4 e o G5 conjuntamente.

Tabela 07 - Teste de comparação de médias (Tukey) de seis genótipos de capim-elefante: Cubano Pinda (G1), Mercker Pinda México (G2), Mercker 86 México (G3), Cameroon Piracicaba (G4), Guaçu I/Z2 (G5) e Roxo Botucatu (G6) em relação as suas características da qualidade de biomassa

%FDN

GENÓTIPOS	DOSES DE NITROGÊNIO				
	N1	N2	N3	N4	N5
Cubano Pinda (G1)	77,5200 ab	77,9567 abc	76,4733 b	75,5667 bc	76,1700 ab
Mercker Pinda (G2)	78,8833 a	78,3533 ab	76,9800 ab	77,3867 ab	75,8700 ab
Mercker 86 México (G3)	78,3633 ab	79,2633 a	79,3200 a	78,3667 a	77,4933 a
Cameroon Piracicaba (G4)	76,5700 ab	75,4433 c	75,5833 b	76,4333 ab	75,6533 ab
Guaçu I/Z2 (G5)	75,8900 b	76,0567 bc	75,8733 b	73,5633 c	75,6400 ab
Roxo Botucatu (G6)	75,7267 b	76,5667 bc	77,2600 ab	77,1667 ab	74,6000 b

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL não diferem estatisticamente entre si.

Tabela 07 – Cont.

%CINZA

GENÓTIPOS	DOSES DE NITROGÊNIO				
	N1	N2	N3	N4	N5
Cubano Pinda (G1)	3,9333 a	4,1467 a	3,9467 a	3,5667 b	4,2700 ab
Mercker Pinda (G2)	3,3733 a	4,0300 a	3,8967 a	3,9267 ab	3,5767 b
Mercker 86 México (G3)	3,9800 a	3,7267 a	3,6833 a	4,3500 ab	3,6367 b
Cameroon Piracicaba (G4)	4,4467 a	4,2567 a	4,2067 a	5,0800 a	4,1700 ab
Guaçu I/Z2 (G5)	4,6533 a	4,2933 a	3,7633 a	4,7933 ab	4,3467 ab
Roxo Botucatu (G6)	4,3767 a	4,3600 a	4,9067 a	4,9200 a	4,9400 a

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL não diferem estatisticamente entre si.

%FDA

GENÓTIPOS	DOSES DE NITROGÊNIO				
	N1	N2	N3	N4	N5
Cubano Pinda (G1)	49,5133 abc	48,9800 abc	48,1333 b	47,4233 b	48,3300 ab
Mercker Pinda (G2)	50,9867 a	50,4433 ab	48,9067 ab	49,2267 ab	48,1833 abc
Mercker 86 México (G3)	49,9700 ab	51,5200 a	52,1367 a	51,2800 a	50,1767 a
Cameroon Piracicaba (G4)	47,3100 bc	46,3767 c	46,0500 b	46,0500 bc	44,8267 c
Guaçu I/Z2 (G5)	46,2067 c	46,9100 c	46,6433 b	43,0500 c	45,7000 bc
Roxo Botucatu (G6)	47,4200 bc	47,3900 bc	48,6333 b	48,8267 ab	45,5533 bc

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL não diferem estatisticamente entre si.

%LIG

GENÓTIPOS	DOSES DE NITROGÊNIO				
	N1	N2	N3	N4	N5
Cubano Pinda (G1)	9,3667 a	8,7633 ab	8,9167 bc	8,9100 ab	8,9733 ab
Mercker Pinda (G2)	9,8800 a	9,4833 a	9,2067 ab	9,7033 a	9,5633 a
Mercker 86 México (G3)	9,0333 ab	9,6867 a	10,4900 a	9,9433 a	10,1867 a
Cameroon Piracicaba (G4)	7,7600 bc	7,4233 b	7,3767 d	7,5100 bc	6,9600 c
Guaçu I/Z2 (G5)	7,0667 c	7,4333 b	7,4700 cd	6,5300 c	7,9733 bc
Roxo Botucatu (G6)	8,9667 ab	8,7733 ab	9,5133 ab	9,7267 a	8,8133 ab

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL não diferem estatisticamente entre si.

%CEL

GENÓTIPOS	DOSES DE NITROGÊNIO				
	N1	N2	N3	N4	N5
Cubano Pinda (G1)	39,8733 ab	40,1833 ab	38,9300 ab	38,1600 bc	38,7667 ab
Mercker Pinda (G2)	41,3500 a	40,7900 ab	39,4233 ab	39,4367 ab	37,0733 bc
Mercker 86 México (G3)	40,6567 ab	41,5533 a	41,0967 a	40,8867 a	39,3833 a
Cameroon Piracicaba (G4)	39,4400 abc	38,9133 bc	38,6000 b	38,7933 ab	37,4267 abc
Guaçu I/Z2 (G5)	38,7767 bc	39,2667 bc	39,1000 ab	36,5000 c	36,9167 bc
Roxo Botucatu (G6)	37,5367 c	37,1700 c	38,0133 b	38,2700 bc	35,5933 c

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL não diferem estatisticamente entre si.

Tabela 07 – Cont.

%HEMFDNLIGCEL

GENÓTIPOS	DOSES DE NITROGÊNIO				
	N1	N2	N3	N4	N5
Cubano Pinda (G1)	28,2800 b	29,0100 ab	28,6267 ab	28,4967 bc	28,4300 c
Mercker Pinda (G2)	27,6533 b	28,0800 b	28,3500 ab	28,2467 c	29,2333 bc
Mercker 86 México (G3)	28,6733 ab	28,0233 b	27,7333 b	27,5367 c	27,9233 c
Cameroon Piracicaba (G4)	29,3700 ab	29,1067 ab	29,6067 a	30,1300 ab	31,2667 a
Guaçu I/Z2 (G5)	30,0467 a	29,3567 ab	29,3033 ab	30,5333 a	30,7500 ab
Roxo Botucatu (G6)	29,2233 ab	30,6233 a	29,7333 a	29,1700 abc	30,1933 ab

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL não diferem estatisticamente entre si.

%HEMFDNFDA

GENÓTIPOS	DOSES DE NITROGÊNIO				
	N1	N2	N3	N4	N5
Cubano Pinda (G1)	28,0067 a	28,9767 a	28,3400 ab	28,1433 b	27,8400 b
Mercker Pinda (G2)	27,8967 a	27,9100 a	28,0733 ab	28,1600 b	27,6867 b
Mercker 86 México (G3)	28,3933 a	27,7433 a	27,1833 b	27,0867 b	27,3167 b
Cameroon Piracicaba (G4)	29,2600 a	29,0667 a	29,5333 a	30,3833 a	30,8267 a
Guaçu I/Z2 (G5)	29,6833 a	29,1467 a	29,2300 a	30,5133 a	29,9400 a
Roxo Botucatu (G6)	28,3067 a	29,1767 a	28,6267 ab	28,3400 b	29,0467 ab

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL não diferem estatisticamente entre si.

Em termos de produtividade máxima alcançada pela adição de doses crescentes de nitrogênio e em relação às características de qualidade de biomassa avaliadas nos seis genótipos abordados neste trabalho, três mereceram destaque: Guaçu I/Z2 (G5), Cameroon Piracicaba (G4) e Cubano Pinda (G1). O genótipo Guaçu I/Z2 (G5) obteve classificação “a”, em todas as doses, nas seguintes características de qualidade de biomassa avaliadas: %CINZA, %HEMFDNLIGCEL e %HEMFDNFDA. Sua produção máxima, entretanto, em relação às características de qualidade de biomassa avaliadas %FDN, %FDA, %CEL, foi obtida com uma dose de 200 Kg N.ha⁻¹, em relação à característica %CINZA, foi na dose de 800 Kg N.ha⁻¹ e para as características %LIG, %HEMFDNLIGCEL, %HEMFDNFDA, foi na dose de 1600 Kg N.ha⁻¹.

O genótipo Cameroon Piracicaba (G4) obteve produção máxima nas seguintes características de qualidade de biomassa avaliadas em relação às seguintes doses: %FDN, %FDA, %LIG e %CEL foram obtidas com 100 Kg N.ha⁻¹, em relação à característica %CINZA foi na dose de 800 Kg N.ha⁻¹, e %HEMFDNLIGCEL e

%HEMFDNFDA com 1800 Kg N.ha⁻¹. Esse genótipo obteve classificação “a”, em todas as doses, referentes às seguintes características: %CINZA, %HEMFDNLIGCEL e %HEMFDNFDA.

O genótipo Cubano Pinda (G1) obteve produção máxima, nas seguintes características de qualidade de biomassa, referentes às seguintes doses: %FDN, %CEL, %HEMFDNLIGCEL, %HEMFDNFDA com 200 Kg N.ha⁻¹, %CINZA com 1800 Kg N.ha⁻¹ e %FDA, %LIG com 100 Kg N.ha⁻¹. Esse genótipo não obteve classificação “a”, em todas as doses, referentes a todas as características de qualidade da biomassa avaliadas.

3.3. Análise da Regressão

A análise de regressão é uma técnica de modelagem que se ocupa do estudo da dependência de uma variável, a variável dependente, em relação a uma ou mais variáveis, as variáveis explicativas (ou independentes), com o objetivo de estimar e/ou prever a média ou o valor médio da dependente em termos dos valores conhecidos ou fixos (em amostragem repetida) das explicativas (Gujarati, 2006).

Com o intuito de aferir qual o modelo mais representativo (1º grau, 2º grau ou Ausência de Regressão) as tabelas de 08 a 13, bem como as figuras de 01 a 10 abaixo, mostram, as estimativas de quadrados médios para as fontes de variação devido à regressão e aos desvios e os gráficos de regressão respectivamente para os seis genótipos do capim-elefante.

Neste trabalho foram avaliadas as seguintes características morfoagronômicas e da qualidade da biomassa como: Produção de Matéria Seca Tonelada por Hectare (PMSTHA); Produção de Matéria Seca do Colmo Tonelada por Hectare (PMSCTHA); Produção de Matéria Seca da Lâmina Tonelada por Hectare (PMSLTHA); Número de Perfilhos por Metro (NP); Diâmetro Médio do Colmo (DC); Altura Média das Plantas (ALT); Largura Média da Lâmina Foliar (LL); Percentagem de Colmo (%COLMO); Percentagem de Matéria Seca da Planta Integral (%MS); Percentagem de Fibra em Detergente Neutro (%FDN);

Tabela 08 - Estimativa de quadrados médios para as fontes de variação devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1º e 2º Graus do genótipo Cubano Pinda (G1)

QUADRADO MÉDIO DA REGRESSÃO - G1 (Cubano Pinda)											
VARIÁVEIS		GL	1º GRAU			R2(%)	GL	2º GRAU		R2 (%)	MODELO
PMSTHA	Regressão	1	40,23	ns	13,91	2	120,49	ns	83,34	AUSÊNCIA	
	Desvios	3	82,98	ns		2	24,09	ns			
PMSCTHA	Regressão	1	32,39	ns	16,91	2	83,86	ns	87,57	AUSÊNCIA	
	Desvios	3	53,05	ns		2	11,90	ns			
PMSLTHA	Regressão	1	0,42	ns	3,56	2	3,43	ns	57,48	AUSÊNCIA	
	Desvios	3	3,83	ns		2	2,54	ns			
NP	Regressão	1	40,46	ns	35,88	2	44,20	ns	78,39	AUSÊNCIA	
	Desvios	3	24,10	ns		2	12,18	ns			
ALT	Regressão	1	0,18	ns	13,02	2	0,26	*	37,04	2º GRAU	
	Desvios	3	0,41	**		2	0,45	**			
DM	Regressão	1	0,03	ns	10,70	2	0,02	*	18,62	2º GRAU	
	Desvios	3	0,08	**		2	0,11	**			
LM	Regressão	1	0,49	ns	10,77	2	1,80	**	79,65	2º GRAU	
	Desvios	3	1,34	**		2	0,46	*			
% COLMO	Regressão	1	20,84	ns	48,66	2	19,91	ns	92,98	AUSÊNCIA	
	Desvios	3	7,33	ns		2	1,50	ns			
%MS	Regressão	1	7,21	ns	51,61	2	6,17	ns	88,23	AUSÊNCIA	
	Desvios	3	2,25	ns		2	0,82	ns			
%FDN	Regressão	1	5,34	*	46,11	2	5,11	*	88,17	2º GRAU	
	Desvios	3	2,08	ns		2	0,69	ns			

** = Significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F; * = Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ns = Não significativo.

Tabela 09 - Estimativa de quadrados médios para as fontes de variação devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1º e 2º Graus do genótipo Mercker Pinda México (G2)

QUADRADO MÉDIO DA REGRESSÃO - G2 (Mercker Pinda México)											
VARIÁVEIS		GL	1º GRAU			R2(%)	GL	2º GRAU		R2 (%)	MODELO
PMSTHA	Regressão	1	103,33	ns	24,78	2	51,76	ns	24,82	AUSÊNCIA	
	Desvios	3	104,59	ns		2	156,79	ns			
PMSCTHA	Regressão	1	48,70	ns	32,74	2	24,53	ns	32,98	AUSÊNCIA	
	Desvios	3	33,36	ns		2	49,85	ns			
PMSLTHA	Regressão	1	10,15	ns	14,32	2	5,60	ns	15,81	AUSÊNCIA	
	Desvios	3	20,25	ns		2	29,84	ns			
NP	Regressão	1	51,45	ns	21,75	2	26,16	ns	22,12	AUSÊNCIA	
	Desvios	3	61,69	ns		2	92,10	ns			
ALT	Regressão	1	0,002	ns	0,15	2	0,19	*	26,69	2º GRAU	
	Desvios	3	0,48	**		2	0,53	**			
DM	Regressão	1	0,003	ns	0,76	2	0,015	ns	8,95	AUSÊNCIA	
	Desvios	3	0,11	**		2	0,15	**			
LM	Regressão	1	0,60	*	15,15	2	1,33	**	66,88	2º GRAU	
	Desvios	3	1,12	**		2	0,66	*			
%COLMO	Regressão	1	0,24	ns	0,40	2	5,39	ns	18,05	AUSÊNCIA	
	Desvios	3	19,83	ns		2	24,47	ns			
%MS	Regressão	1	2,12	ns	13,51	2	2,71	ns	34,57	AUSÊNCIA	
	Desvios	3	4,52	ns		2	5,13	ns			
%FDN	Regressão	1	13,43	**	80,21	2	6,94	**	82,94	1º GRAU	
	Desvios	3	1,10	ns		2	1,43	ns			

** = Significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F; * = Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F;
ns = Não significativo.

Tabela 10 - Estimativa de quadrados médios para as fontes de variação devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1º e 2º Grau do genótipo Mercker 86 México (G3)

QUADRADO MÉDIO DA REGRESSÃO - G3 (Mercker 86 México)										
VARIÁVEIS		GL	1º GRAU		R2(%)	GL	2º GRAU		R2 (%)	MODELO
PMSTHA	Regressão	1	114,25	ns	26,97	2	57,36	ns	27,08	AUSÊNCIA
	Desvios	3	103,14	ns		2	154,47	ns		
PMSCTHA	Regressão	1	94,78	ns	36,46	2	47,47	ns	36,52	AUSÊNCIA
	Desvios	3	55,06	ns		2	82,52	ns		
PMSLTHA	Regressão	1	0,91	ns	3,19	2	1,03	ns	7,27	AUSÊNCIA
	Desvios	3	9,18	ns		2	13,18	ns		
NP	Regressão	1	120,80	ns	44,51	2	126,52	ns	93,23	AUSÊNCIA
	Desvios	3	50,21	ns		2	9,18	ns		
ALT	Regressão	1	0,31	*	12,63	2	0,56	**	45,45	2º GRAU
	Desvios	3	0,72	**		2	0,68	**		
DM	Regressão	1	0,07	*	26,79	2	0,04	ns	29,83	1º GRAU
	Desvios	3	0,06	**		2	0,09	**		
LM	Regressão	1	1,65	**	33,72	2	1,10	**	45,05	1º GRAU
	Desvios	3	1,08	**		2	1,34	**		
% COLMO	Regressão	1	50,65	ns	42,62	2	39,18	ns	65,93	AUSÊNCIA
	Desvios	3	22,73	ns		2	20,24	ns		
%MS	Regressão	1	11,83	ns	10,92	2	38,24	**	70,58	2º GRAU
	Desvios	3	32,18	**		2	15,94	*		
%FDN	Regressão	1	4,18	ns	61,00	2	2,42	ns	70,45	AUSÊNCIA
	Desvios	3	0,89	ns		2	1,01	ns		

** = Significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F; * = Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F;
ns = Não significativo.

Tabela 11 - Estimativa de quadrados médios para as fontes de variação devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1º e 2º Grau do genótipo Cameroon Piracicaba (G4)

QUADRADO MÉDIO DA REGRESSÃO - G4 (Cameroon Piracicaba)										
VARIÁVEIS		GL	1º GRAU		R2(%)	GL	2º GRAU		R2 (%)	MODELO
PMSTHA	Regressão	1	1866,46	**	73,89	2	957,76	**	75,83	1º GRAU
	Desvios	3	219,90	**		2	305,33	**		
PMSCTHA	Regressão	1	531,17	**	63,27	2	289,70	**	69,02	1º GRAU
	Desvios	3	102,77	**		2	130,04	*		
PMSLTHA	Regressão	1	406,24	**	84,63	2	203,12	**	84,63	1º GRAU
	Desvios	3	24,60	ns		2	36,90	*		
NP	Regressão	1	1013,09	**	90,36	2	507,65	**	90,56	1º GRAU
	Desvios	3	36,02	ns		2	52,92	*		
ALT	Regressão	1	0,31	*	18,61	2	0,35	**	41,93	2º GRAU
	Desvios	3	0,45	**		2	0,48	**		
DM	Regressão	1	0,12	**	33,82	2	0,06	*	34,46	1º GRAU
	Desvios	3	0,08	**		2	0,11	**		
LM	Regressão	1	2,05	**	35,23	2	1,03	**	35,32	1º GRAU
	Desvios	3	1,25	**		2	1,88	**		
% COLMO	Regressão	1	33,69	ns	48,44	2	30,59	ns	87,96	AUSÊNCIA
	Desvios	3	11,95	ns		2	4,19	ns		
%MS	Regressão	1	1,18	ns	7,39	2	2,97	ns	37,29	AUSÊNCIA
	Desvios	3	4,91	ns		2	4,99	ns		
%FDN	Regressão	1	0,11	ns	3,32	2	0,09	ns	5,54	AUSÊNCIA
	Desvios	3	1,06	ns		2	1,55	ns		

** = Significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F; * = Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ns = Não significativo.

Tabela 12 - Estimativa de quadrados médios para as fontes de variação devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1º e 2º Graus do genótipo Guaçu I/Z2 (G5)

QUADRADO MÉDIO DA REGRESSÃO - G5 (GuaçuI/Z2)										
VARIÁVEIS		GL	1º GRAU		R2(%)	GL	2º GRAU		R2 (%)	MODELO
PMSTHA	Regressão	1	6,31	ns	0,52	2	21,02	ns	3,48	AUSÊNCIA
	Desvios	3	400,75	**			583,26	**		
PMSCTHA	Regressão	1	0,29	ns	0,07	2	8,90	ns	4,23	AUSÊNCIA
	Desvios	3	139,96	*			201,19	**		
PMSLTHA	Regressão	1	3,88	ns	1,88	2	3,55	ns	3,45	AUSÊNCIA
	Desvios	3	67,32	*			99,37	**		
NP	Regressão	1	4,89	ns	1,38	2	24,70	ns	13,89	AUSÊNCIA
	Desvios	3	116,90	ns			153,09	ns		
ALT	Regressão	1	0,20	ns	16,36	2	0,19	ns	30,01	AUSÊNCIA
	Desvios	3	0,35	**			0,43	**		
DM	Regressão	1	0,07	*	24,03	2	0,03	ns	24,46	1º GRAU
	Desvios	3	0,07	**			0,11	**		
LM	Regressão	1	2,03	**	45,27	2	1,56	**	69,55	2º GRAU
	Desvios	3	0,82	**			0,68	*		
% COLMO	Regressão	1	0,40	ns	3,66	2	3,71	ns	68,27	AUSÊNCIA
	Desvios	3	3,49	ns			1,72	ns		
%MS	Regressão	1	1,21	ns	7,48	2	0,72	ns	8,91	AUSÊNCIA
	Desvios	3	4,98	ns			7,35	ns		
%FDN	Regressão	1	1,08	ns	8,28	2	4,48	*	69,02	2º GRAU
	Desvios	3	3,97	*			2,01	ns		

** = Significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F; * = Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ns = Não significativo.

Tabela 13 - Estimativa de quadrados médios para as fontes de variação devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1º e 2º Graus do genótipo Roxo Botucatu (G6)

QUADRADO MÉDIO DA REGRESSÃO - G6 (Roxo Botucatu)											
VARIÁVEIS		GL	1º GRAU			R2(%)	GL	2º GRAU		R2 (%)	MODELO
PMSTHA	Regressão	1	76,42	ns	27,28	2	41,99	ns	29,98	AUSÊNCIA	
	Desvios	3	67,89	ns		2	98,06	ns			
PMSCTHA	Regressão	1	52,38	ns	45,98	2	26,36	ns	46,28	AUSÊNCIA	
	Desvios	3	20,52	ns		2	30,60	ns			
PMSLTHA	Regressão	1	2,26	ns	5,01	2	3,48	ns	15,42	AUSÊNCIA	
	Desvios	3	14,30	ns		2	19,10	ns			
NP	Regressão	1	186,58	ns	79,79	2	93,83	ns	80,25	AUSÊNCIA	
	Desvios	3	15,75	ns		2	23,09	ns			
ALT	Regressão	1	0,09	ns	3,25	2	0,34	**	24,56	2º GRAU	
	Desvios	3	0,88	**		2	1,03	**			
DM	Regressão	1	0,07	*	25,18	2	0,04	*	28,27	1º GRAU	
	Desvios	3	0,08	**		2	0,11	**			
LM	Regressão	1	1,46	**	27,29	2	1,21	**	45,12	1º GRAU	
	Desvios	3	1,30	**		2	1,47	**			
% COLMO	Regressão	1	36,33	ns	58,72	2	29,28	ns	94,65	AUSÊNCIA	
	Desvios	3	8,51	ns		2	1,65	ns			
%MS	Regressão	1	38,87	**	60,93	2	20,16	*	63,20	1º GRAU	
	Desvios	3	8,31	ns		2	11,74	ns			
%FDN	Regressão	1	4,75	ns	31,95	2	7,14	**	96,06	2º GRAU	
	Desvios	3	3,37	ns		2	0,29	ns			

** = Significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F; * = Significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F; ns = Não significativo.

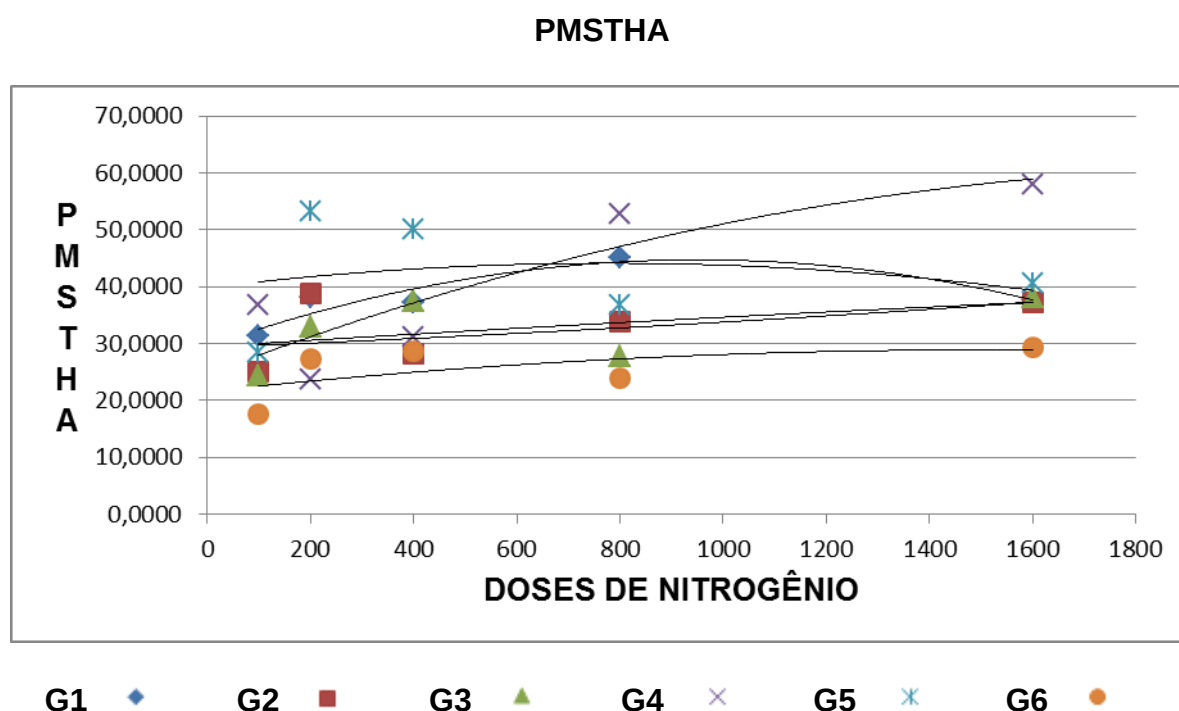


Figura 01- Curva para a característica Produção de Matéria Seca Tonelada por Hectare (PMSTHA) obtida de seis genótipos de Capim-elefante: Cubano Pinda (G1), Mercker Pinda México (G2), Mercker 86 México (G3), Cameroon Piracicaba (G4), Guaçu I/Z2 (G5) e Roxo Botucatu (G6).

Pela análise de regressão da Produção de Matéria Seca Tonelada por Hectare (PMSTHA), pode-se verificar que o único genótipo que demonstrou regressão foi o Cameroon Piracicaba (G4), o qual teve coeficiente de determinação de $R^2 = 73,89 \%$ ao nível de significância de 1% pelo teste “F”, e o modelo que melhor se ajustou foi o de 1º grau, indicando que existe necessidade de maior adubação nitrogenada, que geraria uma melhor resposta. A cultivar ‘Cameroon’ também tem se destacado por apresentar elevadas produções de biomassa, principalmente na época seca, além de elevados teores de fibras. (Quesada, *et al.*, 2004).

Em Rossi (2010, p.31), o genótipo Cameroon é conhecido por ter excelente desempenho no campo, sendo que em seu trabalho, obteve produção semelhante à de Moraes *et al.*, (2009), de até 32 t.ha^{-1} de matéria seca. Também no trabalho de Moraes *et al.*, (2009), foram encontradas elevadas produções para o genótipo Guaçu I/Z, produzindo acima de 50 t.ha^{-1} de matéria seca. Andrade, *et al.*, (2000) obtiveram uma produção de $49,48 \text{ t.ha}^{-1}$ de matéria seca, em um intervalo de corte de 6 meses

no estado de São Paulo. Esses resultados são muito promissores e asseguram o uso do capim-elefante como uma fonte alternativa de energia através da queima direta da biomassa, com baixo custo energético de produção.

Para Rossi (2010, p.43), os genótipos que se mostraram mais promissores para serem indicados e utilizados em programas de melhoramento genético para a produção de bioenergia foram: Napier, Guaçu I/Z2, P-241-Piracicaba, Pasto Panamá, Cameroon e Mercker 86 – México. Dessa forma, observa-se que um maior nível de adubação nitrogenada iria encadear uma produção mais elevada de matéria seca.

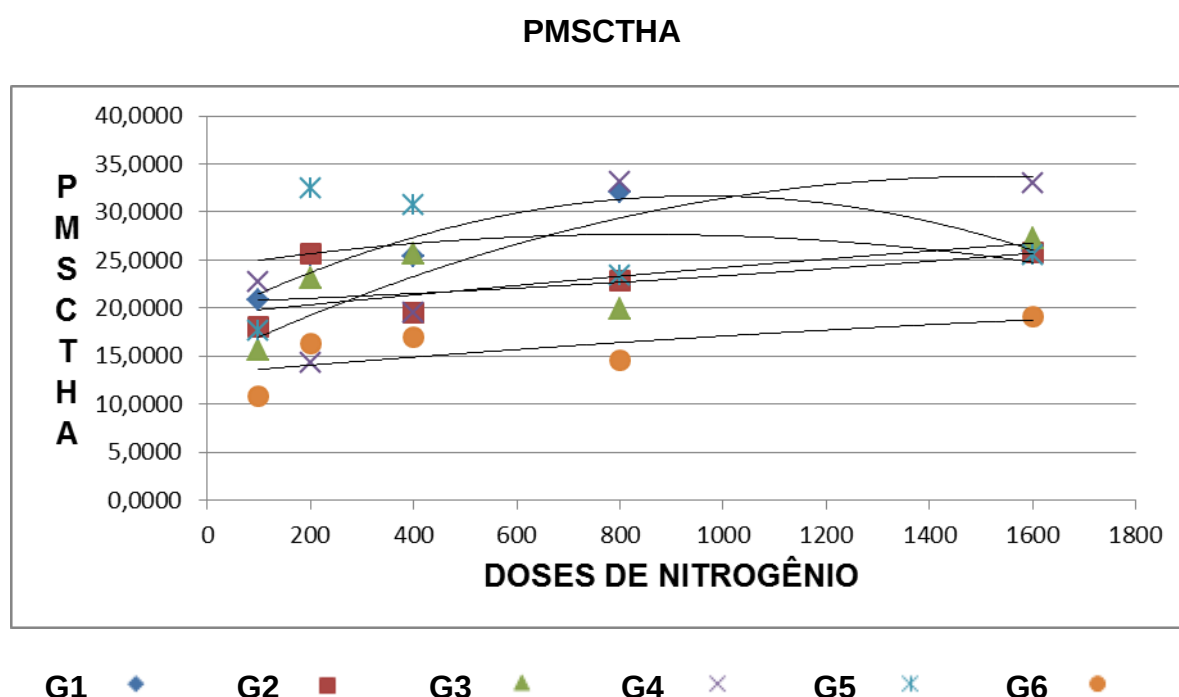


Figura 02 - Curva para a característica Produção de Matéria Seca do Colmo Tonelada por Hectare (PMSCTHA) obtida de seis genótipos de Capim-elefante: Cubano Pinda (G1), Mercker Pinda México (G2), Mercker 86 México (G3), Cameroon Piracicaba (G4), Guaçu I/Z2 (G5) e Roxo Botucatu (G6).

Pela análise de regressão da Produção de Matéria Seca de Colmo Tonelada por Hectare (PMSCTHA), pode-se verificar que apenas o genótipo Cameroon Piracicaba (G4) obteve regressão, com coeficiente de determinação $R^2 = 63,27\%$ em nível de significância de 1% pelo teste “F”, sendo que o modelo que melhor se ajustou foi o de 1º grau, indicando que existe necessidade de maior adubação nitrogenada, que geraria uma melhor resposta.

Segundo Quesada (2005, p.53), para a produção de energia através da biomassa de capim-elefante, o componente da planta de maior interesse é o colmo. Já para Flores (2009, p.19), cerca de 72% da biomassa vegetal da parte aérea corresponde aos colmos, os quais têm valor de extrema importância devido ao seu alto conteúdo de fibras, lignina, e outros componentes importantes para uma boa qualidade da biomassa, que tem como finalidade o seu uso para fins de fonte alternativa de energia.

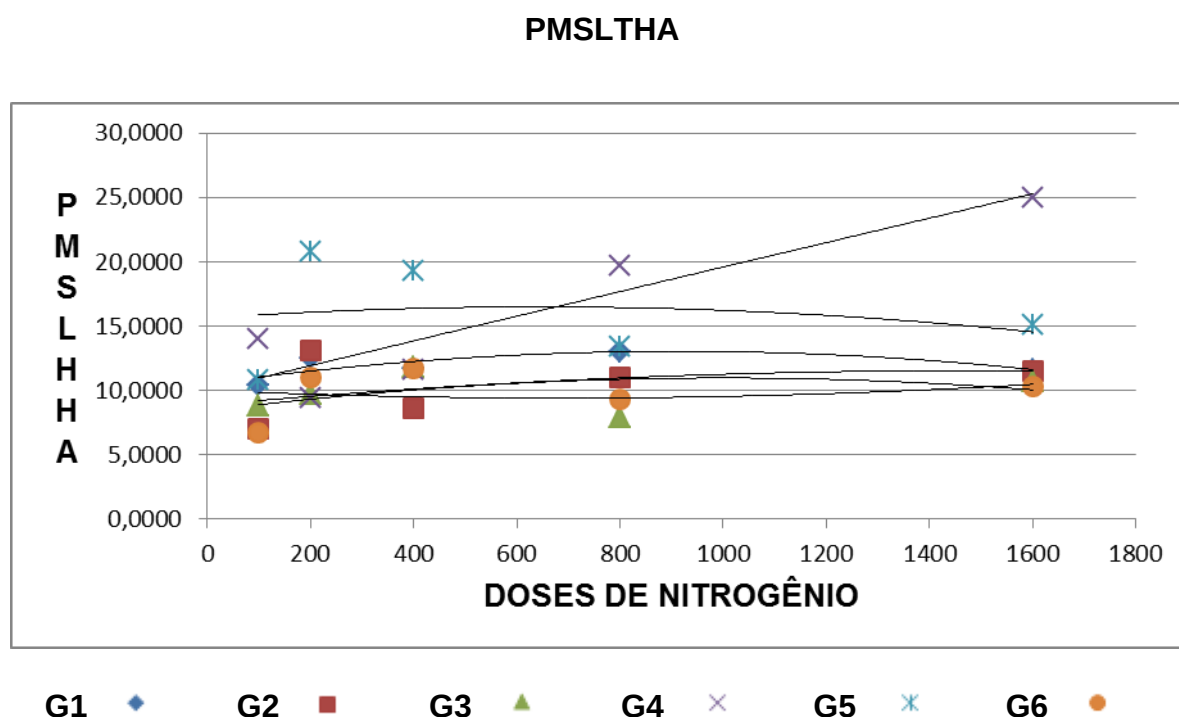


Figura 03 - Curva para a característica Produção de Matéria Seca da Lâmina Colmo Tonelada por Hectare (PMSLTHA) obtida de seis genótipos de Capim-elefante: Cubano Pinda (G1), Mercker Pinda México (G2), Mercker 86 México (G3), Cameroon Piracicaba (G4), Guaçu I/22 (G5) e Roxo Botucatu (G6).

A exemplo da Produção de Matéria Seca Tonelada por Hectare (PMSTHA) e da Produção de Matéria Seca de Colmo Tonelada por Hectare (PMSCTHA), a análise de regressão da Produção de Matéria Seca Lâmina Tonelada por Hectare (PMSLTHA), demonstrou que o único genótipo que obteve regressão foi o Cameroon Piracicaba (G4). Seu coeficiente de determinação foi de $R^2 = 84,63\%$ em nível de significância de 1% pelo teste "F", sendo que melhor modelo que se ajustou foi o de 1º grau, indicando que existe necessidade de maior adubação nitrogenada,

que geraria uma melhor resposta. Assim, tal genótipo mostra-se propenso a produção de forragem para tratamento de ruminantes.

Entre as gramíneas de corte mais plantadas na formação de capineira, destacam-se os capim-elefante, Napier e Cameroon (*Pennisetum purpureum*). O Cameroon possui as linhagens verde ou roxo, e são plantas de porte alto e robusto, com folhas de mais de 1m de comprimento e 5cm de largura, em média. O Cameroon é uma espécie de alto plantio, devido a sua alta produção de forragem de razoável valor nutritivo, quando devidamente manejada (Veiga *et al.* 1986 *apud* Azevedo *et al.*, 2005).

Pesquisas têm mostrado que as capineiras desses capins podem produzir de 120 à 160 toneladas de forragem verde. ha.ano⁻¹, dependendo, principalmente, da reposição de nutrientes ao solo e das condições climáticas. Aos 28 e 56 dias, os teores de proteína bruta da folha têm variação de 15% a 17% e 10% a 13%, respectivamente. Já a digestibilidade "*in vitro*" da matéria orgânica da folha, nas mesmas idades, variaram de 61% a 63% e 54% a 56%, respectivamente (Veiga & Camarão, 1990, *apud* Azevedo *et al.*, 2005).

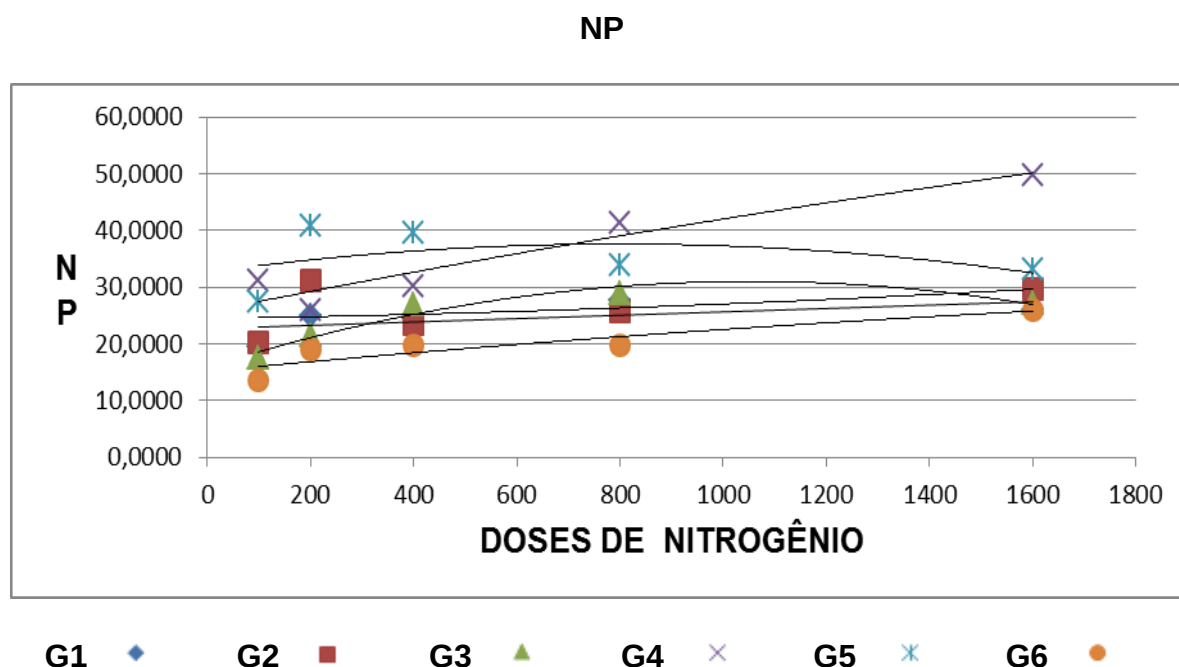


Figura 04 - Curva para a característica Número de Plantas (NP) obtidas de seis genótipos de Capim-elefante: Cubano Pinda (G1), Mercker Pinda México (G2), Mercker 86 México (G3), Cameroon Piracicaba (G4), Guaçu I/22 (G5) e Roxo Botucatu (G6).

Com análise de regressão do Número de Plantas (NP), verificou-se que o único genótipo que demonstrou regressão foi o Cameroon Piracicaba (G4), que teve um coeficiente de determinação $R^2 = 90,36\%$ em nível de significância de 1% pelo teste “F”, sendo que o modelo de melhor ajuste foi o de 1º grau. Os demais genótipos apresentaram ausência de regressão. Assim, essa tendência de regressão de 1º grau indica que existe necessidade de maior adubação nitrogenada, que geraria uma melhor resposta em nível de perfilhos.

Para Rossi (2010, p.9), os indivíduos mais produtivos e que produzem elevado número de perfilhos tendem a apresentar maiores teores de matéria seca, celulose e nitrogênio. Observa-se, também, que plantas que perfilham menos, com maior diâmetro e mais altas, associaram-se a plantas com altos teores de matéria seca, componentes fibrosos e poder calorífico, porém com menores teores de nitrogênio.

Em seu trabalho, observou-se que os genótipos que se mostraram mais promissores para serem indicados e utilizados em programas de melhoramento genético para a produção de bioenergia foram: Napier, Guaçu I/Z2, P-241-Piracicaba, Pasto Panamá, Cameroon e Mercker 86 México.

Veiga (1997) relatou que o número de perfilhos de uma cultivar de capim-elefante tende a aumentar com intervalos de corte mais prolongados. Isso ocorre porque com o avanço da idade ocorre a maturidade fisiológica das plantas, verificando-se aumento na espessura das paredes das células vegetais, e conseqüentemente um aumento no diâmetro do colmo, o qual proporciona às plantas a estabilidade estrutural (Van Soest, 1994).

A emissão de perfilhos basais está diretamente associada ao nível de biomassa, e sob intervalo de corte de 90 dias, a maior produtividade coincide com os maiores valores do número de perfilhos por área e altura da planta (Ferraris, 1979). Menores espaçamentos tendem a promover a altura dos perfilhos, sem, no entanto, aumentar o número de plantas (Bhatti *et al.*, 1985).

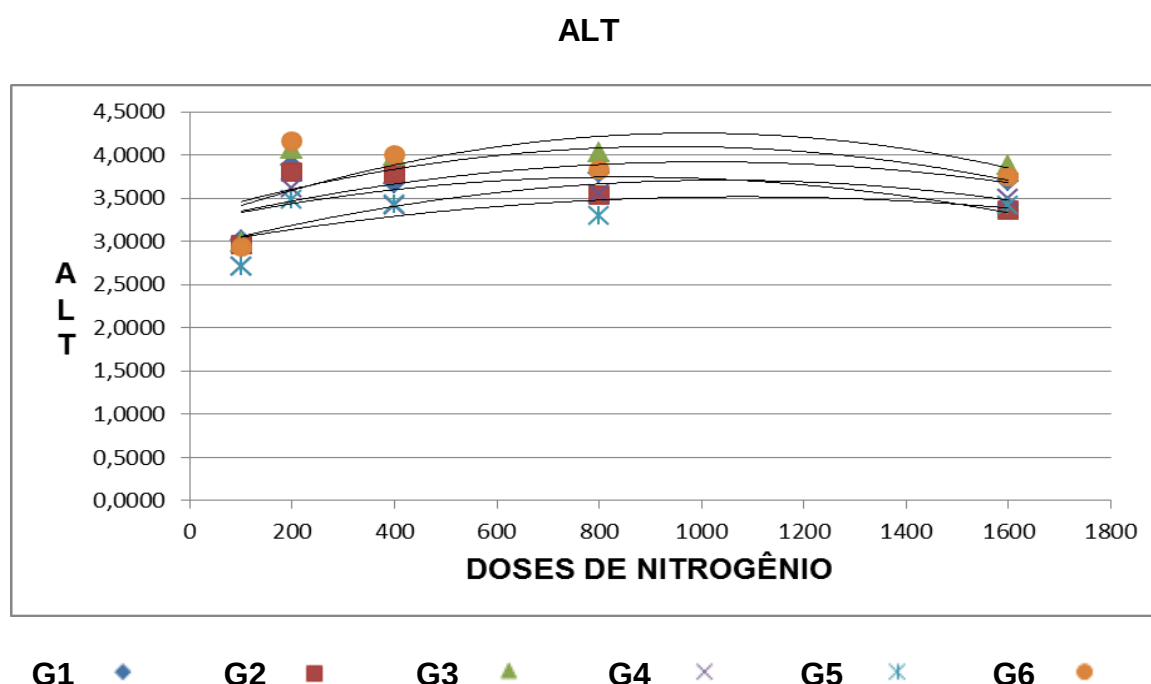


Figura 05 - Curva para a característica Altura (ALT) obtida de seis genótipos de Capim-elefante: Cubano Pinda (G1), Mercker Pinda México (G2), Mercker 86 México (G3), Cameroon Piracicaba (G4), Guaçu I/Z2 (G5) e Roxo Botucatu (G6).

A análise de regressão da Altura (ALT) constatou que o único genótipo que não obteve regressão foi Guaçu I/Z2 (G5). Para o genótipo Cubano Pinda (G1), o modelo de regressão que melhor se ajustou foi o de 2º grau, sendo que seu coeficiente de determinação $R^2 = 37,04\%$ ao nível de significância de 5% pelo teste “F”. Para o genótipo Mercker Pinda México (G2), o modelo de regressão que melhor se ajustou foi o de 2º grau, sendo que seu coeficiente de determinação $R^2 = 26,69\%$ ao nível de significância de 5% pelo teste “F”.

Para o genótipo Mercker 86 México (G3), o modelo de regressão que melhor se ajustou foi o de 2º grau, sendo que seu coeficiente de determinação $R^2 = 45,45\%$ ao nível de significância de 1% pelo teste “F”. Para o genótipo Cameroon Piracicaba (G4), o modelo de regressão que melhor se ajustou foi o de 2º grau, sendo que seu coeficiente de determinação $R^2 = 41,93\%$ ao nível de significância de 1% pelo teste “F”. Já para o genótipo Roxo Botucatu (G6), o modelo de regressão que melhor se ajustou foi o de 2º grau, sendo que seu coeficiente de determinação $R^2 = 24,56\%$ ao nível de significância de 1% pelo teste “F”.

Esses resultados constataam que para os genótipos que mostraram regressão significativa, se adubado com quantidades maiores de nitrogênio, possuem potencial

de crescimento, e consequentemente maior obtenção de matéria seca. É importante lembrar que altura da planta é uma variável relacionada à produção de matéria seca de forragem, sendo por isso, de elevada importância para a cultura. (Silva, 2011, p.67).

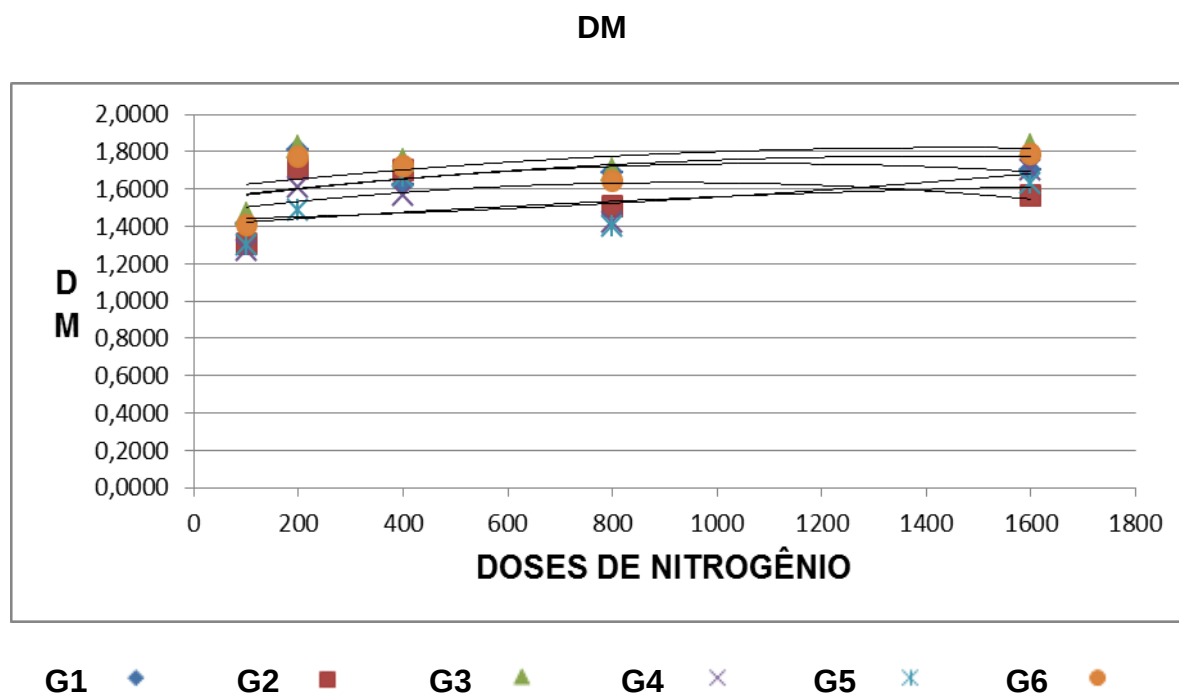


Figura 06 - Curva para a característica Diâmetro do Colmo (DM) obtido de seis genótipos de Capim-elefante: Cubano Pinda (G1), Mercker Pinda México (G2), Mercker 86 México (G3), Cameroon Piracicaba (G4), Guaçu I/Z2 (G5) e Roxo Botucatu (G6).

Com respeito ao fator Diâmetro do Médio do Colmo (DM) a análise de regressão demonstrou a seguinte conjectura: para o genótipo Cubano Pinda (G1), o modelo que melhor se ajustou foi o de 2º grau, com coeficiente de determinação $R^2 = 18,62\%$ ao nível de significância de 5% pelo teste “F”; para o genótipo Mercker Pinda México (G2), ocorreu ausência de regressão; para o genótipo Mercker 86 México (G3), o modelo que melhor se ajustou foi o de 1º grau com coeficiente de determinação $R^2 = 26,79\%$ ao nível de significância de 5% pelo teste “F”, para o genótipo Cameroon Piracicaba (G4), o modelo que melhor se ajustou foi o de 1º grau com coeficiente de determinação $R^2 = 33,82\%$ ao nível de significância de 1% pelo teste “F”; para o genótipo Guaçu I/Z2 (G5), o modelo que melhor se ajustou foi o de 1º grau com coeficiente de determinação $R^2 = 24,03\%$ ao nível de significância de 5% pelo teste “F”, e para o genótipo Roxo Botucatu (G6), o modelo que melhor se

ajustou foi o de 1º grau com coeficiente de determinação $R^2 = 25,18\%$ ao nível de significância de 5% pelo teste “F”.

Dessa forma, observa-se que o diâmetro do colmo pode ser influenciado pela adubação nitrogenada, uma vez que quatro dos seis genótipos obtiveram regressão em nível de primeiro grau, mostrando que com o aumento das doses de adubação, o diâmetro do colmo também irá proporcionalmente aumentar. Para Botrel *et al* (1994), a alta produtividade propõe a diminuir a relação folha/colmo, entretanto, o fato é que clones mais produtivos de capim-elefante tendem a apresentar maior proporção de colmos. Entre os cultivares de capim-elefante estudadas por Queiroz Filho *et al.* (1998), a cultivar Roxo foi a que apresentou melhor relação lâmina/colmo aos 60 dias, com valores em torno de 1,43; já Xavier *et al.* (1995) obtiveram 1,66. Filho *et al.* (2000) para avaliar a produção total de matéria seca, a relação folha/colmo, a porcentagem de folhas e de colmos e o valor nutritivo do capim-elefante da cultivar Roxo (*Pennisetum purpureum* Schum.), submetido a quatro idades de corte, por meio de análises de regressão, verificaram que a produção total de matéria seca aumentou com os intervalos de cortes (comportamento quadrático), atingindo produção de 30,9 t.ha⁻¹ aos 100 dias.

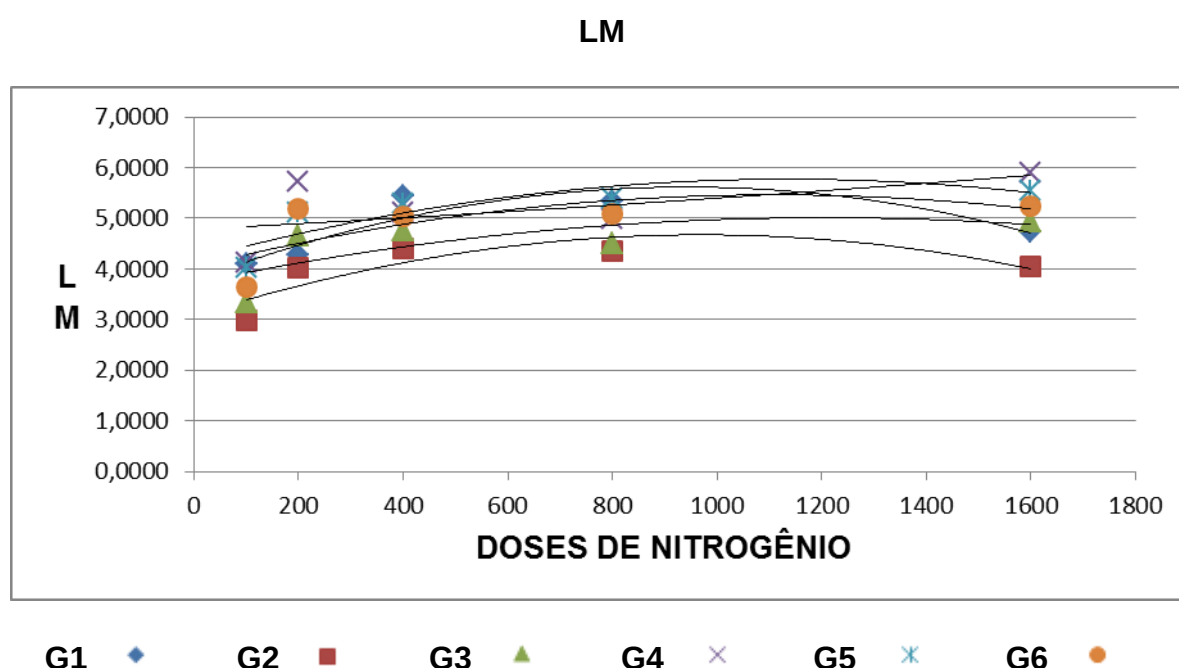


Figura 07 - Curva para a característica Largura da Lâmina (LM) obtida de seis genótipos de Capim-elefante: Cubano Pinda (G1), Mercker Pinda México (G2), Mercker 86 México (G3), Cameroon Piracicaba (G4), Guaçu I/22 (G5) e Roxo Botucatu (G6).

Com respeito à Largura Média da Lâmina (LM) todos os genótipos obtiveram regressão com o mesmo nível de significância de 1% pelo teste “F”. Seu ranqueamento em relação ao coeficiente de foi o seguinte: Cubano Pinda (G1) obteve o melhor ajuste com modelo de 2º grau e com coeficiente de determinação $R^2 = 79,65\%$; Guaçu I/Z2 (G5) obteve o melhor ajuste com modelo de 2º grau e coeficiente de determinação $R^2 = 69,55\%$; Mercker Pinda México (G2) obteve o melhor ajuste com modelo de 2º grau e coeficiente de determinação $R^2 = 66,88\%$; Cameroon Piracicaba (G4) obteve o melhor ajuste com modelo de 1º grau e coeficiente de determinação $R^2 = 35,23\%$; Mercker 86 México (G3) obteve o melhor ajuste com modelo de 1º grau e coeficiente de determinação $R^2 = 33,72\%$ e Roxo Botucatu (G6) obteve o melhor ajuste com modelo de 1º grau e coeficiente de determinação $R^2 = 27,29\%$.

Dessa forma, pode-se observar que todos os genótipos apresentam potencial para o aspecto de forragem, no entanto, cabe ressaltar que os genótipos G4, G6 e G3, devido a suas equações mais representativas serem de aspecto linear, mostram grande capacidade de mais absorção de nitrogênio, indicando potencial para doses ainda maiores, bem como aumento de sua produtividade foliar. Mello *et al.* (2006), analisando clone de capim-elefante em Pernambuco constataram que a produção de lâmina foliar tem relação positiva com a altura da planta, indicando que as plantas com maior produção de folhas tendem a apresentar maior produção de matéria seca e altura de planta.

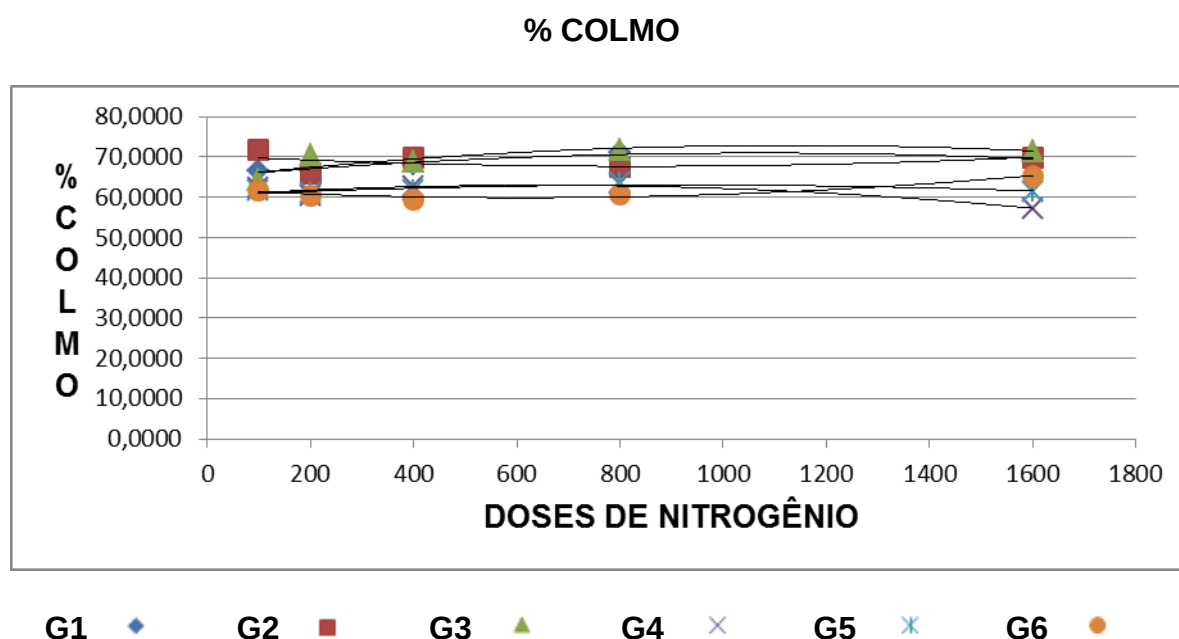


Figura 08 - Curva para a característica Percentagem do Colmo (%COLMO) obtida de seis genótipos de Capim-elefante: Cubano Pinda (G1), Mercker Pinda México (G2), Mercker 86 México (G3), Cameroon Piracicaba (G4), Guaçu I/Z2 (G5) e Roxo Botucatu (G6).

Com respeito à Porcentagem do Colmo (%COLMO), observa-se que todos os genótipos apresentaram ausência de regressão, necessitando melhores doses de adubação, de forma que a relação do colmo com a planta como um todo, tenha representatividade. Queiroz Filho *et al.* (2000) estudando a influência da época de corte de capim-elefante observou resposta linear positiva para a relação colmo/folha em função da idade de corte, corroborando com os resultados relatados por Santana *et al.*, (1989), que trabalhando com genótipos de capim-elefante também verificaram aumento na relação colmo/folha com o aumento da idade da planta.

Leite *et al.*, (2000) também observaram um aumento da relação colmo/folha com o aumento da idade de corte em capim-elefante do genótipo Cameroon. Esses resultados são importantes, uma vez que o manejo desejado para a produção de capim-elefante com a finalidade energética visa maior relação colmo/folha, pois este é um parâmetro que pode indicar a qualidade do material produzido, pois é no compartimento do colmo que apresenta melhores características desejáveis para a produção de energia que nas folhas, que de maneira geral apresenta maiores teores de proteínas.

Para Botrel *et al* (1994), a alta produtividade propõe a diminuir a relação folha/colmo; O fato é que clones mais produtivos de capim-elefante tendem a apresentar maior proporção de caules. Entre os cultivares de capim-elefante estudadas por Queiroz Filho *et al.* (1998), a cultivar Roxo apresentou melhor relação colmo/folha aos 60 dias, com valores em torno de 1,43; já Xavier *et al.* (1995) obtiveram 1,66. Bhering *et al.*, (2008) avaliando a influência da época de corte de capim-elefante genótipo Roxo, observaram aumento na relação colmo/folha em função do aumento do intervalo de corte, onde cada dia de aumento no intervalo de corte do capim-elefante representou um aumento de 0,028% da relação colmo/folha. O mesmo autor afirma que a relação colmo/folha é influenciada por fatores genéticos e ambientais de cada material produzido.

Esses resultados são importantes, uma vez que o manejo desejado para a produção de capim-elefante com a finalidade energética visa maior relação colmo/folha, pois este é um parâmetro que pode indicar a qualidade do material produzido, pois é no compartimento do colmo que apresenta melhores características desejáveis para a produção de energia que nas folhas, que de maneira geral apresenta maiores teores de proteínas.

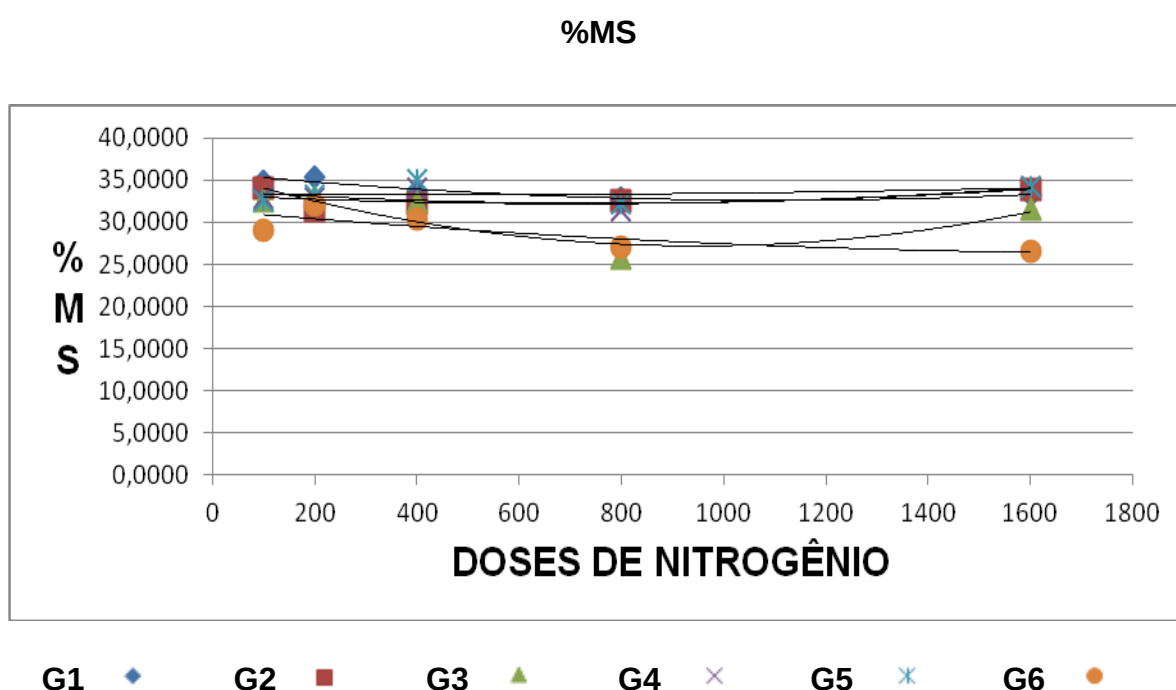


Figura 09 - Curva para a característica Percentagem de Matéria Seca (%MS) obtida de seis genótipos de Capim-elefante: Cubano Pinda (G1), Mercker Pinda México (G2), Mercker 86 México (G3), Cameroon Piracicaba (G4), Guaçu I/22 (G5) e Roxo Botucatu (G6).

Apenas dois, dos seis genótipos tiveram regressão no fator Percentual de Matéria Seca (%MS): Mercker 86 México (G3) com nível de significância de 1% pelo teste “F”, sendo o modelo que melhor se ajustou foi o de 2º grau, com coeficiente de determinação $R^2 = 70,57\%$ e Roxo Botucatu (G6) com nível de significância de 1% pelo teste “F” e o modelo que melhor se ajustou foi o de 2º grau com coeficiente de determinação $R^2 = 60,93\%$.

Botrel *et al.* (2000), trabalhando com a cultivar Cameroon, obtiveram a produção de 24,26 toneladas de matéria seca por hectare, enquanto Lima *et al.* (2008), trabalhando com a mesma cultivar de capim-elefante aos 56 dias de rebrotação, identificaram produção de 14,50 toneladas de matéria seca por hectare. Com esses resultados, constata-se a importância da interação de genótipo versus ambiente sobre a produção dessa cultivar. Em condições controladas, o potencial de rendimento médio de matéria seca de variedades como Gramafante, Cameroon, BAG, Guaçu, CNPGL 91F06-3, entre outros, superam 40 toneladas anuais por hectare, o que corresponde ao dobro da biomassa média produzida pela cultura do Eucalipto (Moraes *et al.*, 2007).

Entre vários trabalhos realizados para avaliar a resposta da adubação nitrogenada do capim-elefante, estes mostraram um aumento na produção de matéria seca em função do aumento da dose de nitrogênio aplicado (Andrade *et al.*, 2000; Andrade *et al.*, 2003; Magalhães *et al.*, 2006; Urquiaga, 2006; Mazzarella, 2007; Pegoraro *et al.*, 2009; Vitor *et al.*, 2009;).

Daher *et al.* (2000), avaliando 15 híbridos intraespecíficos e duas cultivares testemunhas (Pioneiro e Mineiro), em Campos dos Goytacazes – RJ, encontraram produção total de matéria seca na época da seca variando de 3,167 a 4,745 toneladas, enquanto que, no trabalho de Pinheiro (2008, p.28), constatou que a soma das produções médias de matéria seca da época da seca totalizou 9,28 toneladas.

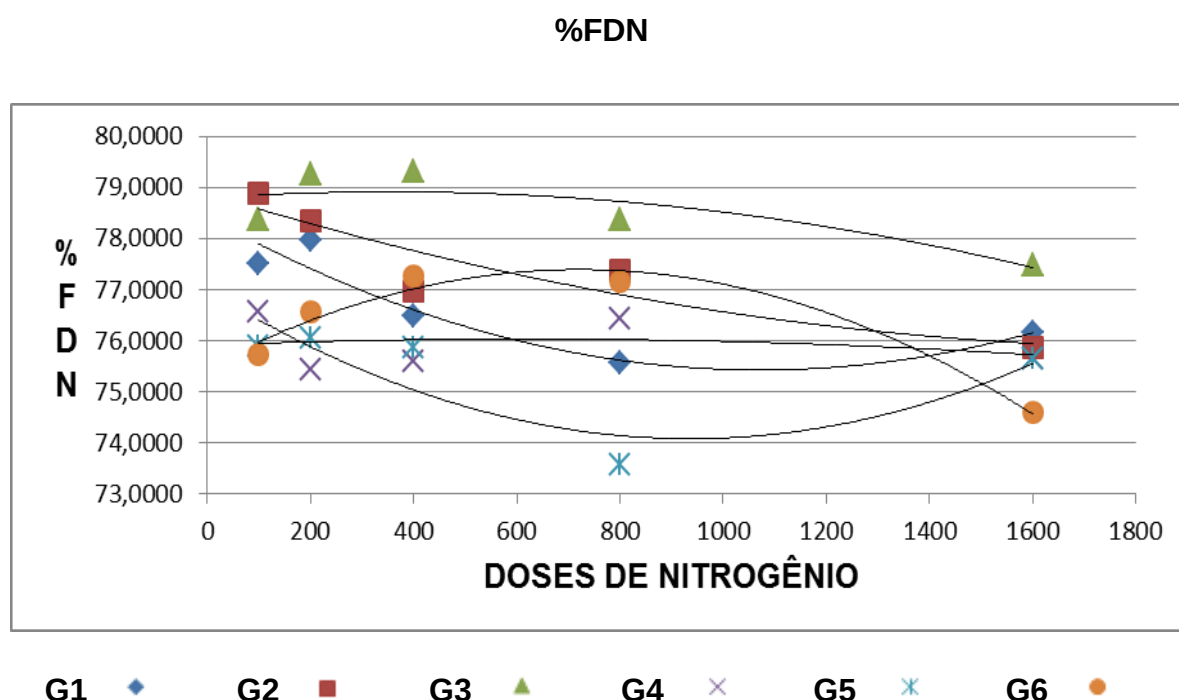


Figura 10 - Curva para a característica Percentagem de Fibra em Detergente Neutro (%FDN) obtida de seis genótipos de Capim-elefante: Cubano Pinda (G1), Mercker Pinda México (G2), Mercker 86 México (G3), Cameroon Piracicaba (G4), Guaçu I/Z2 (G5) e Roxo Botucatu (G6).

Para o fator Percentagem de Fibra em Detergente Neutro (%FDN), apenas os genótipos Mercker 86 México (G3) e Cameroon Piracicaba (G4) apresentaram ausência de regressão. Os demais apresentaram o seguinte ranqueamento em relação aos seus coeficientes de determinação: Roxo Botucatu (G6) ao nível de significância de 1% pelo teste “F”, modelo de 2º grau e $R^2 = 96,06\%$; Cubano Pinda (G1) com nível de significância de 5% pelo teste “F”, modelo de 2º grau e $R^2 = 88,17\%$; Mercker Pinda México (G2) ao nível de significância de 1% pelo teste “F”, com modelo de 1º grau e $R^2 = 82,94\%$ e Guaçu I/Z2 (G5) com nível de significância de 5% pelo teste “F”, modelo de 2º grau e $R^2 = 69,02\%$.

Para Silva (2011, p.37), a análise de fibra em detergente neutro (FDN) estima a concentração total de celulose, hemicelulose e lignina da parede celular. Segundo Van Soest (1994), o teor de FDN é inversamente relacionado com a capacidade de consumo de matéria seca, o que significa que quanto menor for esse valor estimado, maior será a expectativa de consumo. Por esses dados observa-se que o genótipo Roxo Botucatu (G6) é o mais promissor para programas de melhoramento de

produção animal e alimentação de ruminantes, pois apresenta grande quantidade de fibras descritas pelo teor de FDN.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Pode-se observar que o fator adubação foi bastante eficaz no que se refere à mudança das características morfoagronômicas dos genótipos do capim-elefante para fins energéticos. O genótipo que mostrou melhor desempenho na grande maioria das características foi o G4 (Cameroon Piracicaba), o qual demonstrou também bastante relevância na análise de regressão, bem como no teste de comparação de médias (Tukey) e na análise de variância, principalmente na relação colmo/folha.

Pela avaliação das características morfoagronômicas e da qualidade da biomassa dos genótipos observa-se que: o genótipo G4 (Cameroon Piracicaba) foi o único genótipo que obteve regressão a nível de significância de 1% pelo teste “F” nas seguintes características: PMSTHA, PMSCTHA, PMSLTHA e NP. Para o teste de comparações de médias (teste de Tukey) nessas mesmas características, seu desempenho mostrou-se bastante promissor, pois observa-se a medida em que se empregava maiores quantidades de nitrogênio, existia um aumento ou ganho médio nas características relatadas.

Para a característica ALT, o único genótipo que não obteve regressão foi G5 (Guaçu I/Z2), sendo que os demais obtiveram os seguintes níveis de significância: G1 (Cubano Pinda) e G2 (Mercker Pinda México) com 5%, pelo teste “F”, e G3 (Mercker 86 México), G4 (Cameroon Piracicaba) e G6 (Roxo Botucatu) com 1% pelo teste “F”. Observa-se que com respeito à altura média das plantas, todos os genótipos apresentaram bastante homogeneidade, de uma forma geral, implicando que com o acréscimo ou decréscimo da quantidade de adubação não implicará na variação do tamanho da planta.

Para a característica morfoagronômica DM, o genótipo G2 (Mercker Pinda México), acusou ausência de regressão, sendo que, dentre os demais, o único que apresentou significância na regressão de 1% foi o G4 (Cameroon Piracicaba). Todos

os outros que tiveram regressão significativa obtiveram 5% pelo teste “F”, ou seja: G1 (Cubano Pinda), G3 (Mercker 86 México), G5 (Guaçu I/Z2) e G6 (Roxo Botucatu). Para essa característica morfoagronômica do diâmetro médio do colmo, também, de uma forma geral, não houve diferenças significativas entre as médias, relatando que o fator adubação também não influenciou o aumento ou decréscimo de seu diâmetro.

Para característica morfoagronômica LM, observa-se que todos os genótipos obtiveram regressão, com nível de significância de 1% para o teste “F”. De uma forma geral, o genótipo G4 (Cameroon Piracicaba), foi o que obteve o melhor desempenho mediante a adubação, ou seja, esse genótipo também se mostra bastante promissor também mediante adubação para fins de produção de forragem para produção animal. Os genótipos G1 (Cubano Pinda) e G5 (Guaçu I/Z2) também se mostraram bastantes promissores nessas características, pois apresentaram resultados médios secundários satisfatórios.

Para a característica %COLMO, observa-se que todos os genótipos apresentaram ausência de regressão, necessitando melhores doses de adubação, de forma que a relação do colmo com a planta como um todo, tenha representatividade.

Apenas dois, dos seis genótipos não obtiveram ausência de regressão na característica %MS, ambos com nível de significância de 1% pelo teste “F”, sendo: G3 (Mercker 86 México) e G6 (Roxo Botucatu). Com respeito a essa característica, não houve efeito significativo entre as médias pelo teste de Tukey, mostrando que o fator adubação não foi eficaz para essa característica em termos de produtividade média.

Para a característica de qualidade da biomassa, %FDN, apenas os genótipos G3 (Mercker 86 México) e G4 (Cameroon Piracicaba) apresentaram ausência de regressão. Sendo que os demais genótipos obtiveram os seguintes níveis de significância pelo teste “F”: G2 (Mercker Pinda México) e G6 (Roxo Botucatu) ao nível 1% e G1 (Cubano Pinda) e G5 (Guaçu I/Z2) ao nível de 5%. Para essa característica, observa-se que a adubação também não influencia a quantidade percentual de fibra no capim-elefante, mostrando que a adubação é ineficaz para tal fim.

Para as demais características de qualidade da biomassa: %CINZA, %FDA, %LIG, %CEL, %HEMFDNLIGCEL e %HEMFDNFDA, não foi realizada análise de regressão, sendo somente utilizada a ANOVA, e o teste de Tukey. Observam-se as seguintes conclusões: de uma maneira geral, a %CINZA só apresentou diferença significativa em doses maiores, sendo que nas três primeiras dosagens, a diferença média foi não significativa. Para doses maiores de nitrogênio, entretanto, observa-se que o genótipos G4 (Cameroon Piracicaba) e G6 (Roxo Botucatu) foram os que obtiveram maiores diferenças significativas, sendo, portanto, este último, o único mais significativo na maior dose de nitrogênio. Assim, observa-se que o genótipo G6 (Roxo Botucatu), apresenta maior quantidade de percentagem de cinzas, à medida que se aumentam as doses de adubação nitrogenada.

De uma forma geral, o genótipo que obteve o melhor ganho na característica %FDA, foi o G3 (Mercker 86 México), até a dose intermediária, quando obteve o maior valor e depois voltou a uma situação média inicial. Esse genótipo, entretanto, foi o que mostrou média superior a todos os outros, excetuando apenas a primeira dose, tão quanto foi o genótipo G2 (Mercker Pinda México), que mostrou o melhor desempenho médio das fibras em detergente ácido. Dessa forma, em condições de pouca adubação ou nenhuma, o genótipo G2 (Mercker Pinda México) é o mais indicado para essa característica, sendo que o genótipo G3 (Mercker 86 México) pode alcançar um desempenho melhor, com doses em torno de 400 Kg N.ha⁻¹.

Para a característica %LIG, de uma forma geral os genótipos que se destacaram entre os demais, com valores médios mais acentuados, foram G2 (Mercker Pinda México) e o G3 (Mercker 86 México). Assim, para avaliação da percentagem de lignina, esses dois mostraram-se bastante promissores em relação aos demais, mediante adubação nitrogenada.

Já para a característica %CEL, observa-se que o genótipo G3 (Mercker 86 México), foi o que se sobressaiu entre os demais, mediante adubação nitrogenada, sendo que seu melhor resultado encontra-se na dose de 800 kg N.ha⁻¹, que depois desse fator tende a ter uma queda na produtividade. Observa-se que os piores resultados de percentagem de celulose mediante adubação, foram obtidos pelo genótipo G6 (Roxo Botucatu), sendo que à medida que as doses aumentavam, sua quantidade média decrescia.

Para as características %HEMFDNLIGCEL e %HEMFDNFDA, observa-se que para as doses mais elevadas, os genótipos que melhor obtiveram resposta foram o G4 (Cameroon Piracicaba) e o G5 (Guaçu I/Z2), mostrando que doses mais elevadas de nitrogênio contribuem para elevação da percentagem de hemicelulose no capim-elefante.

Assim, observa-se que o capim-elefante tem grande potência para captação e absorção de nitrogênio, sendo que esses podem representar grande ganho em suas características morfoagronômicas. Por ser uma espécie de rápido crescimento vegetal e alta produção, a queima da biomassa do capim-elefante apresenta alto potencial como fonte alternativa de energia e logo se tornará intensa a procura de variedades para a produção de biomassa adaptadas aos diferentes regiões.

Conforme foi mostrado nesse trabalho, existe grande potencial de utilização desses genótipos para fins energéticos tais como os genótipos G4 (Cameroon Piracicaba) e o G5 (Guaçu I/Z2), sendo que dentre eles alguns possuem características próprias que os tornam mais propensos para outros fins, tais como o genótipo G6 (Roxo Botucatu) que tem seu uso bastante difundido para produção animal e alimentação de ruminantes.

Como proposta para futuras linhas de pesquisas, a sugestão é a avaliação genótipos de capim-elefante mediante adubação NPK, bem como seu fracionamento em ponta-caule mediante adubação de cobertura e processo de irrigação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA (AIE). Coal Industry Advisory Board: CIAB. Disponível em: <http://www.iea-coal.org.uk/site/ieacoal/home>. Acesso em: 17/11/2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Biomassa. Disponível em: [http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/05-Biomassa\(2\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/05-Biomassa(2).pdf). Acesso em: 06/10/2008.

AGROSOFT BRASIL. Capim-elefante, novo campeão em biomassa no Brasil. Agência Envolverde. 2008. Disponível em: <http://www.agrosoft.org.br/pdf.php?node=26484> e em: <http://www.agrosoft.org.br/agropag/26484.htm>. Acesso em: 17/11/2008.

AIE- Agencia Internacional de Energia. Disponível em: <http://www.iea.org/> e em: <http://aie.ineti.pt/>. 1998. Acesso em: 15/08/2009

ALCÂNTARA, P.B.; BUFARAH, G. Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas. São Paulo, Editora Nobel, 2ª ed., 1983, 150p.

ALEXANDRE, J; ALVES, M.G.; RAMOS, I.S.; XAVIER, G.C. Panorama do Polo Cerâmico e do Município de Campos dos Goytacazes – RJ. Campos dos Goytacazes, 2007. CD-ROM.

ALMEIDA, L. A. S. B., VIEIRA, M. C., GASPARINO FILHO, J., MORETTI, V. A, BICUDO NETO, L. C. Factibilidade econômica sob condições de riscos: análise de moinhos de milho para suplementação de farinha de trigo. Revista de Economia e Sociologia Rural, 1985, n.02, artigo 03.

ANDRADE, A. C. Produtividade e valor nutritivo do capim-elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. Revista Brasileira de Zootecnia, v.29, n.6, p.1589-1595, 2000.

ANDRADE, J. B. de, FERRARI JUNIOR, E., BEISMAN, D. A. Avaliação do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) visando o carvoejamento. In: Encontro de Energia no Meio Rural, n.3, Anais, Campinas, SP, 2000.

ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M.; QUEIROZ, D. S.; SALGADO, L. T.; CECON, P. R. Adubação nitrogenada e potássica em capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier). Ciência Agrotécnica, Lavras, Edição especial, p. 1643-1651, 2003.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Atlas de energia elétrica do Brasil / 3. Ed. – Brasília: Aneel, 2008. 236 p.: il. ISBN: 978-85-87491-10-7. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/visualizar_texto.cfm?idtxt=1687. Acesso em: 03/08/2009.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas da Energia Elétrica do Brasil, 2ª ed. Brasília: ANEEL, 2005. Disponível em: www.aneel.gov.br. Acesso em: 04/08/2009

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Anuário Estatístico 2005. Disponível em: <http://www.anp.gov.br>. Acesso em: 14/07/2009.

AZEVEDO, Guilherme P. Calandrini de.; CAMARÃO, Ari Pinheiro; VEIGA, Jonas Bastos da. CRIAÇÃO de Gado Leiteiro na Zona Bragantina. Embrapa Amazônia Oriental. Sistemas de Produção, 02. ISSN 1809-4325 Versão Eletrônica, 2005. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/GadoLeiteiroZonaBragantina/paginas/fcapineira.htm>. Acesso em: 24/08/2012.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. Experimentação agrícola. . Ed. Jaboticabal, FUNEP, 2008. 237p.

BARBÉ, Tatiane da Costa. Variação de Caracteres Morfoagronômicos, Fisiológicos e da Qualidade da Biomassa Energética do Capim-elefante (*Pennisetum Purpureum* Schum.) em Função da Idade da Planta. Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes – RJ.

BARROS NETO, B.; SCARMINO, I. S.; BRUS, R. E. Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. Editora UNICAMP, Campinas, SP. 2003, 401p.

BHATTI, M.B.; MOHAMMAD, D.; SARTAJ, Sultani, M.I. Effect of different interand intra-row spacings on forage yield and quality in elephant grass. Pakistan Journal of Agriculture Research, Karachi, v.6, p.107-112, 1985.

BHERING, M.; CABRAL, L. da S.; ABREU, J. G. da; SOUZA, A. L. de; ZERVOUDAKIS, J. T.; RODRIGUES, R. S.; PEREIRA, G. A. C.; REVERDITO, R.; OLIVEIRA, I. S. de. Características agronômicas do capim-elefante Roxo em diferentes idades de corte na Depressão Cuiabana. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal. v.9, n.3, p.384-396, 2008.

BOGDAN, A. V. Tropical Pastures and Fooder Plants. London: Longman, 1977. 475 p.

BOTREL, M. A.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F. Efeito da irrigação sobre algumas características agronômicas de cultivares de capim-elefante. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 26, n. 10, p. 1731-1736, 1991.

BOTREL, M.A., ALVIM, J.M., MARTINS, C.E. Avaliação e seleção de cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) para pastejo. R. Soc. Bras. Zootec.,23(5):755. 1994.

BOTREL, M.A.; PEREIRA, A.V.; FREITAS, V.P. Potencial forrageiro de novos clones de capim-elefante. Revista Brasileira de Zootecnia, v.29, n.2, p.334-340, 2000.

BRITO, J. O.. O uso energético da madeira. Estudos Avançados. São Paulo, 2007, vol. 21, n. 59.

BRUNKEN, J. N. Asystematic study of *Pennisetum* Sect. *Pennisetum* (Gramineae). American journal of Botany, New York, v. 64, n.2, p. 161-176, 1977.

CARVALHO, Daniel Fonseca de. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Funções de Produção na Agricultura Irrigada. Instituto de Tecnologia - Departamento De Engenharia –

Seropédica, RJ, 2011. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/daniel>. Acesso em: 27/10/2011.

CHAVES, J. B. P. Planejamento estatístico de experimentos científicos. DTA/UFV, 2005. Disponível em: <http://www.dta.ufv.br/artigos/planestat.htm>. Acesso em 18/06/2011.

CORREA, M.P.. Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. Rio de Janeiro, 1926, Imprensa Nacional, v.1., p.552-4.

CORSI, M. Estudo da produtividade e valor nutritivo do capim-elefante *Pennisetum purpureum* Schum, variedade Napier, submetido a diferentes frequências e alturas de corte. Piracicaba, ESALQ, 1972, 239p. Tese de Doutorado.

CLEVELAND, C. J. The direct and indirect use of fossil fuels and electricity in USA agriculture 1910-1990. Agriculture, Ecosystems and Environment, v.55, p.111-121, 1995.

DAHER, R.F.; MORAES, C.F.; CRUZ, C.D.; PEREIRA, A.V.; XAVIER, D.F. Diversidade morfológica e isozimática em capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). Revista Brasileira de Zootecnia, v.26, p.255-64, 1997a.

DAHER, R.F.; MORAES, C.F.; CRUZ, C.D.; PEREIRA, A.V.; XAVIER, D.F. Seleção de caracteres morfológicos discriminantes em capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). Revista Brasileira de Zootecnia, v.26, p.265-70, 1997b.

DAHER, R.F., VÁZQUEZ, H.M., PEREIRA, A.V., FERNANDES, A.M. Introdução e avaliação de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) em Campos dos Goytacazes, RJ. Rev. bras. zootec. 29 (5): 1296-1301, 2000.

DAHER, R.F.; PEREIRA, M.G.; AMARAL JR., A.T.; PEREIRA, A.V.; LÉDO, F.J.S.; DAROS, M. Estabilidade da produção forrageira em clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). Ciência e Agrotecnologia, v.27, n.4, p.788-797. 2003.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite, Coronel Pacheco, MG. *Pennisetum purpureum*, Schumacher; revisão, por Limírio de Almeida Carvalho. Coronel Pacheco, MG, 1985. p. il. (EMBRAPA – CNPGL. Boletim de Pesquisa, 10). 1. *Pennisetum purpureum* - Revisão Bibliográfica. I. Carvalho, Limírio de Almeida, colab. II. Título. III. Série. CDD – 633.2

FARIA, V. P. de. Formas de uso do capim-elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE CAMPIM-ELEFANTE, 2., 1994, Coronel Pacheco. Anais...Coronel Pacheco, MG: EMBRAPA/CNPGL, 1994. P. 139-148.

FERNANDES, M. C. Avaliação técnico-econômica da gaseificação do capim-elefante para eletrificação rural. 2000.77p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

FERRARIS, R. Agronomic studies on elephant grass as agro-industrial crop. In: Australian Division of Chemical Technology Research Review 1978-1979. Melbourne: CSIRO. P. 10-22, 1979.

FILHO, J. L.; SILVA, D. S. da.; NASCIMENTO, I. S. de. Produção de matéria seca e qualidade do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivar Roxo em diferentes idades de cortes. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v.29, n.1, p 69-74, 2000.

FLORES, Rilner Alves. Produção de capim-elefante (*Pennisetum Purpureum* Schum.) para fins energéticos no cerrado: resposta a adubação Nitrogenada e idade de corte. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Instituto de Agronomia Curso de Pós-Graduação em Agronomia Ciência do Solo, Seropédica, RJ, 2009.

FRIZZONE, J.A., Função de resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao uso de nitrogênio e lâminas de irrigação. 1986, 133 p., Piracicaba-SP: ESALQ. (Tese D.S. em Solos e nutrição de plantas).

GUJARATI, D. N., Econometria Básica. São Paulo: Pearson, quarta edição, 2006.

JACQUES, A.V.A. Fisiologia do crescimento do capim-elefante. In: Carvalho, L. de A.; carvalho. M.M.; Martins, C.E.; Vilela, D. eds. Simpósio sobre capim-elefante. Anais. Coronel Pacheco: Embrapa-CNPGL, 1990.

JAUHAR, P. P. Cytogenetics and breeding of pearl millet and related species. Alan R. Liss, New York Kalyane VL, Chatterji AK, 1981.

JORNAL DE SÃO DESIDÉRIO Ano I - São Desidério comemora 48 anos. Edição Zero - Distribuição Gratuita, São Desidério - Bahia, Fevereiro de 2010. Disponível em: http://www.saodesiderio.ba.gov.br/jornal_cidadao/00-2010.pdf. Acesso em: 22/08/2012.

LAEGREID, M.; BOCKMAN, O. C.; KAARSTAD, O. Agriculture, fertilizers and the environment. (Wallingford: CABI), 1999.

LAREDO, M.A.; MINSON, D.J. The voluntary intake, digestibility and retention time by sheep leaf and stem fractions of five grasses. Australian Journal of Agricultural Research, v.24 p.875-888, 1973.

LEITE, R. M. B.; QUEIROZ FILHO, J. L. de; SILVA, D. S. Produção e valor nutritivo do capim-elefante cultivar Cameroon em diferentes idades. Agropecuária Técnica, v.21, n.1/2, 2000.

LIMA, E. S.; SILVA, José Fernando Coelho da ; MALDONADO, H. V. ; ARAUJO, S. A.C. ; LISTA, F.N.; CARNEIRO, R.F.V. ; ROCHA, T.C. ; RUIVO, S. C. ; DEMINICIS, B. B. ; COSTA, D. P. B. Composição e digestibilidade in vitro de genótipos de capim-elefante aos 56 dias de rebrota. Archivos de Zootecnia, v. 57, p. 279-282, 2008.

LIMA, Eurico Cavalcanti Pincovsky de; VIANA, Joana Coelho; LEVINO, Natallya de Almeida; MOTA, Caroline Maria de Miranda. Simulação de Monte Carlo Auxiliando a Análise de Viabilidade Econômica de Projetos. IV Congresso Nacional de Excelência em Gestão Responsabilidade Socioambiental das Organizações Brasileiras. Niterói, RJ. Ago/2008.

LOPES, Bruna Adese. O Capim-elefante. Seminário apresentado à disciplina - ZOO 645 (Métodos nutricionais e alimentação de ruminantes). Universidade Federal de Viçosa Centro de Ciências Agrárias Departamento de Zootecnia. Viçosa, Maio de 2004. Disponível em: <http://www.forragicultura.com.br/arquivos/capimelefanteBruna.pdf>. Acesso em: 27/07/2008.

LOPES, Marcus Vinicius França. Análise Multicriterial da Viabilidade Agronômica de Produção da Gramínea Capim-elefante, *Pennisetum Purpureum*, no Município de Campos dos Goitacazes, RJ, para Fins Energéticos. Programa de Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Cândido Mendes. Campos – RJ, 2008.

LOWE, A.J., HANSON, J.; TEALE, A. Molecular Characterization of Napier Grass (*Pennisetum purpureum*) Using Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) Markers. African Feed Resources Network Newsletter. 6:4-8. 1996.

LYRA, Guilherme Bastos. Estimativa dos Níveis Ótimos Econômicos de Irrigação e de Adubação Nitrogenada nos Mamoeiros (Carica Papaya L.) Cultivar Golden e do Híbrido UENF Caliman 01. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF Centro de Ciências e Tecnologia Agropecuária – CCTA Pós-Graduação Em Produção Vegetal Laboratório de Engenharia Agrícola – LEAG, Campos dos Goytacazes - RJ. 2007. Disponível em: http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=87932. Acesso em: 31/03/2011.

MAGALHÃES, J. A.; LOPES, E. A.; RODRIGUES, B. H. N.; COSTA, N. L.; BARROS, N. N.; MATTEI, D. A. Influência da adubação nitrogenada e da idade de corte sobre o rendimento forrageiro do capim-elefante. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 37, n.1, p.91-96, 2006.

MALDONADO, J.A. El pasto elefante o grama elefante *Pennisetum purpureum* (Schum). Revista Industrial y Agrícola de Tucuman, Tucuman, v. 39, n. 1-9, p. 22-29, 1955.

MARTINS, D. P. Resposta do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims var. *flavicarpa* Deg.) a lâminas de irrigação e doses de nitrogênio e potássio. 1998, 84 p. Campos dos Goytacazes: UENF. (Tese D.S.).

MAZZARELA, V. (Producer). (2007). Capim-elefante como fonte de energia no Brasil: realidade atual e expectativas. INEE - Instituto Nacional de Eficiência Energética. Retrieved from <http://www.inee.org.br/download/eventos/0945VicenteMazzarela IPT.ppt>. Acesso em: 01/11/2012.

MAZZARELA, Vicente, N.G... Jornada Madeira Energética Capim-elefante com Fonte de Energia no Brasil: Realidade Atual e Expectativas. IPT-BNDS - Rio de Janeiro, maio de 2007. P.Point.

MELLO, A. C. L; LIRA, M. A; DUBEUX JUNIOR, J. C. B. Degradação ruminal da matéria seca de clones de capim-elefante em função da relação folha/colmo. Revista Brasileira de Zootecnia, v.35, n.4, p.1316-1322, 2006.

MORAIS, R. F.; SOUZA, B. J. de; LEITE, J. M.; SOARES, L. H. de B.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. Parâmetros qualitativos de cinco genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) para uso como fonte alternativa de energia. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2007, Gramado, Anais... Gramado, 2007.

MORAIS, R. F. Potencial produtivo e eficiência da fixação biológica de nitrogênio de cinco genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), para uso como fonte alternativa de energia. Tese de Mestrado, UFRRJ, 2008, 87p.

MORAIS, R.F.; SOUZA, B. J. de; LEITE, J. M.; SOARES, L. H. de B.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.. Elephant Grass genotypes for bioenergy production by direct biomass combustion. *Pesq Agropec. Bras.* V.44, n. 2, p.133-140, 2009.

MOSS, D.N. Some aspects of microclimatology important in forage plant physiology. In: *Forage plant physiology an soil relationships*. ASA Special publications Madison-Winsconsin, 1964.

OLIVARES Gómez, E. Estudo da pirólise rápida de capim-elefante em leito fluidizado borbulhante mediante caracterização dos finos de carvão. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. 412p. (Tese de Doutorado). 2002.

OSAVA, Mario. Capim-elefante, novo campeão em biomassa no Brasil. 2007. Disponível em: <http://www.udop.com.br/index.php?cod=78326&item=noticias> e em: <http://www.mwgloabal.org/ipsbrasil.net/nota.php?idnews=3292>. Acesso em: 29/08/2011.

OTERO, J. R. Informações sobre algumas plantas forrageiras. 2.ed. Rio de Janeiro: SIA, 1961. 334p.

PEGORARO, R. F.; MISTURA, C.; WENDLING, B.; FONSECA, D. M. da; FAGUNDES, J. L. Manejo da água e do nitrogênio em cultivo de capim-elefante. *Ciência Agrotécnica*. v.33, n.2, p.461-467, 2009.

PEREIRA, A. V. Escolha de variedades de capim-elefante. In: Peixoto A. M.,Moura J. C. and Faria, V. P (ed) *Simpósio sobre manejo de pastagem*. 10. Anais... Piracicaba. p.45-62, 1992.

PEREIRA, A. V.; VALLE. C. B.; FERREIRA, R. P.; MILLES, J. W. Melhoramento de forrageiras tropicais. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. Recursos genéticos e melhoramento. Rondonópolis: Fundação Mato Grosso, 2001. P. 549-602.

PEREIRA, Aloísio Rodrigues. Como Selecionar Plantas para Áreas Degradadas e Controle de Erosão. 2006. Disponível em: <http://www.deflor.com.br/portugues/pdf/LivroSEAD.pdf>. Acesso em: 16/11/2008.

PIMENTEL, D.; PATZEK, T. Ethanol production using corn, switchgrass, and wood; biodiesel production using soybean and sunflower. *Natural Resources Research*, v. 14, n. 1, 2005.

PINHEIRO, Lidiane Sena. Regressão Polinomial Conjunta na Avaliação da Sazonalidade da Produção Forrageira em Clones Intra e Interespecíficos de Capim-elefante. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - Mestrado em Produção Vegetal. Campos dos Goytacazes, 2008.

PONCIANO, N.J., CONSTANTINO, C.O.R., SOUZA, P.M., DETMANN, E. Avaliação econômica da produção de abacaxi (*Ananas cosmosus* L.) cultivar perola na região Norte Fluminense. *Caatinga*, Mossoró - RN, v.19, n.1, p.82-91, 2006.

QUEIROZ FILHO, J.L., SILVA, D.S., NASCIMENTO, I.S. et al. Produção de matéria seca e qualidade de cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.). *R. Bras. Zootec.*, 27(2):262-266,1998.

QUEIROZ FILHO, J. L. de; SILVA, D. V. da; NASCIMENTO, I. S. Produção de matéria seca e qualidade do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivar Roxo em diferentes idades de corte. Revista Brasileira de Zootecnia, v.29, n.1, p.69-74, 2000.

QUESADA, D. M. Seleção de Genótipos de Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* schum.) para Alta Produção de Biomassa e Eficiência da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN). Seropédica, RJ. Dissertação de Mestrado, 2001,140p.

QUESADA, Diego Mureb; BODDEY, Robert Michael; REIS, Verônica Massena; ALVES, Bruno José Rodrigues; URQUIAGA, Segundo. Potencial de Genótipos de *Pennisetum purpureum* para a Alta Produção de Biomassa e Eficiência da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN). COMUNICADO TÉCNICO. CT/Embrapa Agrobiologia, dez./2001.

QUESADA, D. M.; BODDEY, R. M.; REIS, V.M.; URQUIAGA, S. Parâmetros qualitativos de genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) estudados para a produção de energia através da biomassa. Circular Técnica 8, Seropédica, RJ, 2004.

QUESADA, Diego Mureb; BODDEY, Robert Michael; REIS, Verônica Massena; URQUIAGA, Segundo; Parâmetros Qualitativos de Genótipos de Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) estudados para a produção de energia através da Biomassa. Circular Técnica 8 – Embrapa Agrobiologia. Seropédica, RJ. Nov./2004.

QUESADA, Diego Mureb. Parâmetros Quantitativos e Qualitativos de Diferentes Genótipos de Capim-elefante com Potencial para Uso Energético. Universidade Federal do Rio de Janeiro – Instituto de Agronomia - Curso de Pós-Graduação em Agronomia e Ciência do Solo. Tese de Doutorado, 2005.

QUESADA, D. M. Parâmetros Quantitativos e Qualitativos da Biomassa de Diferentes Genótipos Capim-elefante para Produção de Agroenergéticos. Tese de Doutorado, UFRRJ, 2005, 65p.

REVISTA FATOR BRASIL. DEDINI assina contrato de termoelétrica movida à capim-elefante. 2006. Disponível em: http://www.revistafatorbrasil.com.br/ver_noticia.php?not=14691. Acesso em: 06/10/2008.

ROCHA, Décio. Energia limpa - capim-elefante pode substituir o carvão mineral. Revista Eletrônica Ambiente em Foco – EMBRAPA AGROBIOLOGIA. 2007. Disponível em: <http://www.ambienteemfoco.com.br/?p=3656>. Acesso em: 17/11/2008.

RODRIGUES, L. R. de A.; PEDREIRA, J. V. S.; MATTOS H. B. de. Adaptação ecológica de algumas plantas forrageiras. Zootecnia, Nova Odessa, v.13, n.4, 1975, p.201-218.

RODRIGUES, L.R.A, MONTEIRO, F.A. RODRIGUES,T.J.D. Capim-elefante. In: PEIXOTO, A.M., PEDREIRA, C.G.S, MOURA, J.V. FARIA, V.P. Simpósio sobre manejo de pastagens, 17, Piracicaba, 2001. 2ª ed. Anais...Piracicaba: FEALQ, 2001, p.203-224.

ROSSI, Driele Aparecida. Avaliação morfoagronômica e da qualidade de biomassa de acessos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) para fins energéticos no Norte Fluminense. 57f., il. Mestrado - Produção Vegetal, Campos dos Goytacazes, 2010.

SANTANA, J. P.; PEREIRA, J. M.; ARRUDA, N. G. Avaliação de cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) no Sul da Bahia. I. Agrossistema Cacaueiro. Revista Brasileira de Zootecnia, 18, n. 3, p. 273-282. 1989.

SCHEMER, M. R.; VOGEL, K. P.; MITCHELL, R. B.; PERRIN, R. K. Net energy of cellulosic ethanol from switch grass. PNAS, v.105, n.2, p. 464-469, 2008.

SILVA, D. J., QUEIROZ, A. C. de. Análise de Alimentos: Métodos Químicos e Biológicos. 3. ed. Viçosa. 235p, 2002.

SILVA, Vanessa Quitete Ribeiro da. Dialelo Parcial em Capim-elefante: Capacidade Combinatória em Caracteres Morfoagronômicos e Bromatológicos em Campos Dos Goytacazes, RJ. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF - Campos dos Goytacazes – RJ. Tese apresentada ao Centro de Ciencias e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, 2011.

SILVA, Wilson Araújo da. Modelagem matemática aplicada no planejamento da agricultura irrigada, utilizando informações georreferenciadas. 2007. xi, 98 f. : il. Tese (doutorado)- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo; Fisiologia Vegetal. Trad. Eliane Romanato Santarém ... [et al]. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

TCACENCO, F. A.; BOTREL, M. de A. Identificação e avaliação de acessos e cultivares de capim-elefante. In.: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE, 1990, Juiz de Fora. Anais... Coronel Pacheco; EMBRAPA-CNPGL, 1990. p. 1-22.

TCACENCO, F.A.; BOTREL, M. de A. Identificação e avaliação de acessos e cultivares de capim-elefante. In.: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F.; CARVALHO, L. de A. (Ed.) Capim-elefante: Produção e utilização. Coronel Pacheco: EMBRAPA, CNPGL, 1994. p.1-30.

TIMBÓ, Ana Luíza de Oliveira. Obtenção de Protoplastos de Híbridos Triplóides entre Capim-elefante e Milheto. Universidade Federal de Lavras: UFLA, 2007. 44p. Disponível em: http://www.dominipublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=82222 . Acesso em: 14/11/2008.

TUNES, Eduardo Nasra. Potencial de Germinação de Estacas e Avaliação de Características Morfoagronômicas em Seis Cultivares de Capim-elefante (*Pennisetum Purpureum* Schum.) Para Fins Energéticos em Campos Dos Goytacazes, RJ. Universidade Estadual Do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias – CCTA, Campos dos Goytacazes – RJ, 2011.

URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Produção de Biocombustíveis: A Questão do Balanço Energético. Revista de Política Agrícola, v.5, p.42-46, 2005.

URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Capim-elefante: Uma Fonte Alternativa Promissora para a Produção de Energia. 2006. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/Capimelefante. Acesso em: 28/09/2011.

VAN SOEST, P. J. Nutritional ecology of the ruminant. Ithaca: Cornell University Press. 1994, 476p.

VEIGA, J. B. da; FALESI, I. C. Recomendação e prática da adubação de pastagens na Amazônia brasileira. In: MATTOS, H. B.; WERNER, J. C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. (Ed.). Calagem e adubação de pastagens. Piracicaba : POTAFOS, 1986. p. 256-282.

VEIGA, J. B. da; CAMARÃO, A. P. Produção forrageira e valor nutritivo dos capins elefante (*Pennisetum purpureum*) vars. anão e cameron, e tobiatã (*Panicum maximum* cv. Tobiatã) sob três idades de corte. Belém, PA: Embrapa-CPATU, 1990. 23 p. (Embrapa-CPATU. Boletim de Pesquisa, 102).

VEIGA, J.B. Utilização do capim-elefante sob pastejo In: Capim-elefante produção e utilização (Eds. Carvalho, M. M., Alvim, M. J., Xavier, D. F., Carvalho, L. de A.) 2 ed., ver. Brasília: EMBRAPA-SPI/ Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL, 1997.

VIGTECH – Plantando Hoje o Futuro. Uma Nova Fonte Alternativa de Energia. Campinas, SP, 2012. Disponível em: <http://www.vigtech.com.br/>. Acesso em: 09/09/2012

VILELA, Herbert. Série Gramíneas Tropicais - Gênero *Pennisetum* (*Pennisetum purpureum* – Capim) Agronomia: O Portal da Ciência e Tecnologia. 2007. Disponível em: http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_gramineas_tropicais_pennisetum_purpureum.htm. Acesso em: 02/09/2008.

VITOR, C. M. T.; FONSECA, D. M.; CÔSER, A. C.; MARTINS, C. E.; JÚNIOR, D. do N. Produção de material seca e valor nutritivo de pastagem de capim-elefante sob irrigação e adubação nitrogenada. Revista Brasileira de Zootecnia, v.38, n.3, p.435-442, 2009.

XAVIER, D.F.; BOTREL, M.A.; DAHER, R. F.; GOMES, F.T.; PEREIRA, A.V. Caracterização Morfológica e Agronômica de Algumas Cultivares de Capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) .EMBRAPA-CNPGL. Coronel Pacheco (MG), Documentos, n. 60. 24p. 1995.

YOUNGNER, V.B. Physiology of defoliation and regrowth. In: YOUNGNER, V.B., MICKELL, C.M. (Eds.) The biology and utilization of grasses. London: Academic Press. p.292-304, 1972.

II - ESTIMATIVA DOS NÍVEIS ÓTIMOS ECONÔMICOS DE ADUBAÇÃO NITROGENADA EM SEIS GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE (*Pennisetum purpureum* Schum.) EM CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ.

RESUMO

Objetivou-se determinar o nível ótimo econômico da adubação nitrogenada em cinco genótipos de capim-elefante para fins energético. Foi utilizada a função de produção para determinar a relação das variáveis de nitrogênio e produção do experimento conduzido no Centro Estadual de Pesquisas em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos, no município de Campos dos Goytacazes/RJ. A área experimental foi de 2418m², em três blocos com 72 subparcelas. Foram utilizados seis genótipos: Cubano Pinda (G1), Mercker Pinda (G2), Mercker 86 México (G3), Cameroon Piracicaba (G4), Guaçu I/Z2 (G5) e Roxo Botucatu (G6). Observa-se grande potencial produtivo do genótipo Cameroon Piracicaba (G4), podendo alcançar uma produtividade máxima de cerca de 60,97 toneladas de matéria seca por hectare, mediante adubação nitrogenada. O genótipo Guaçu I/Z2 (G5), obteve 44,10 toneladas de matéria seca por hectare, que corresponde a 72,33% da produtividade do genótipo G4, com apenas 33,18% da necessidade de adubo utilizada pelo genótipo G4. Conclui-se que o capim-elefante mostrou-se bastante promissor em termos de produtividade, bem como com rentabilidade de produção de biomassa para fins energéticos, destacando-se os genótipos Cameroon Piracicaba e Guaçu I/Z2.

ABSTRACT

The objective was to determine the economic optimum level of nitrogen in five genotypes of elephant grass for energy. We used the production function to determine the ratio of nitrogen and production variables of the experiment conducted in the State Center for Research in Agro-Energy and Waste Utilization in the municipality of Campos dos Goytacazes/RJ. The experimental area of 2418 m², with 72 blocks in three subplots. We used six genotypes: Cuban Pinda (G1), Mercker Pinda (G2), Mercker 86 Mexico (G3), Cameroon Piracicaba (G4), Guaçu I/Z2 (G5) and Purple Botucatu (G6). Note the large productive potential of genotype Cameroon Piracicaba (G4) and can reach a maximum throughput of about 60.97 tonnes of dry matter per hectare by nitrogen fertilization. The genotype Guaçu I/Z2 (G5) gave 44,10 tonnes of dry matter per hectare, which corresponds to 72,33% of the productivity of genotype G4, with only 33,18% of the necessity of fertilizer used by genotype G4. We conclude that the elephant grass proved to be very promising in terms of productivity and profitability with the production of biomass for energy, especially genotypes Cameroon Piracicaba and Guaçu I/Z2.

1. INTRODUÇÃO

A atividade agroindustrial da região Norte Fluminense pode ser caracterizada, basicamente, pela monocultura da cana-de-açúcar e pela indústria ceramista. A respeito do seu fator econômico, a ausência de diversificação agroindustrial nas regiões concorre para uma maior fragilidade da estrutura de produção, tornando os produtores agrícolas e os ceramistas mais vulneráveis às oscilações de preços de mercado dos seus bens produzidos.

Com o domínio da tecnologia da queima do bagaço, as usinas de açúcar e álcool alcançaram a autossuficiência em energia, porém os ceramistas ainda são grandes consumidores de lenha, as quais são geralmente obtidas de forma danosa à natureza, trazendo prejuízos sob o aspecto ambiental.

Há vários anos os monocultores de cana-de-açúcar da região Norte Fluminense têm experimentado um período de franca decadência econômica, o que tem contribuído para aumentar a concentração de mão de obra ociosa e não qualificada, principalmente nas regiões periféricas das cidades, gerando inconvenientes sociais de diversas ordens. Apenas no Município de Campos dos Goytacazes há 30 favelas com um contingente de cerca de 20.000 pessoas em condições precárias de sobrevivência.

Por conseguinte, é premente a necessidade de ações no sentido da diversificação agrícola, visando à fixação do homem no campo e a minimização dos graves problemas de iniquidade socioeconômica da região Norte Fluminense. Dentre as opções de policultivo, o capim-elefante é uma alternativa bastante viável, haja vista seu potencial de produção de biomassa, apresentando utilização sob a forma de lenha e carvão, suprimindo deficiências energéticas marcantes na região Norte Fluminense.

Um princípio básico da economia está relacionado à escassez dos recursos disponíveis contrapondo-se às necessidades do homem que são ilimitadas. O

conceito econômico de função de produção é a relação física entre as quantidades utilizadas de certo conjunto de insumos e as quantidades físicas máximas que podem ser obtidas do produto, para uma dada tecnologia conhecida (Silva, 2007; Carvalho, 2011).

Assim, para que tal intento seja alcançado, há absoluta necessidade de investimento em trabalhos de avaliação de genótipos de capim-elefante voltados exclusivamente para produção de biomassa, uma vez que as variedades disponíveis apresentam potencial comprovado apenas para a utilização na pecuária de leite e de corte, de modo que se encontra completamente desconhecido seu potencial exclusivo para produção de biomassa.

Em decorrência, pode-se vislumbrar que o lançamento de variedades melhoradas que melhor se adaptem às condições edafoclimáticas do Norte Fluminense possam provocar uma elevação na produção de carvão e de lenha, e, conseqüentemente, elevação de oferta destes produtos à indústria ceramista e consumidores de modo geral.

O objetivo do presente estudo foi determinar o nível ótimo econômico da adubação nitrogenada em cinco genótipos de capim-elefante.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e Delineamento Experimental

O experimento foi plantado dia 26/04/2010 e conduzido no Centro Estadual de Pesquisas em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos, no município de Campos dos Goytacazes/RJ. A análise do solo foi realizada pelo Centro de Análises do Solo da UFRRJ no dia 27/08/2009, para posterior preparo e calagem. O delineamento estatístico experimental utilizado constitui-se de fatoriais em blocos casualizados no modelo de parcelas subdivididas, compostos de dois fatores: Fator I (parcelas): genótipos - 6 clones, Fator II (subparcelas): nitrogênio - 5 níveis (100, 200, 400 800 e 1600) sendo as adubações realizadas nos dias: 12/11/2010, 08/12/2010, 17/01/2011, 01/03/2011 e 23/03/2011.

O corte de uniformização foi realizado dia 04/08/2010. O plantio foi realizado em uma área de 2418m² (46,5m x 52,0m), contendo três blocos com sub-subparcelas de 3m de comprimento por 3m de largura em um total de 72 em todo o experimento. Cada bloco terá 24 sub-subparcelas composta de três linhas espaçadas de um metro de distância, com espaço de 1,5m entre as sub-subparcelas. Foram utilizados seis genótipos (clones): Cubano Pinda (G1), Mercker Pinda (G2), Mercker 86 México (G3), Cameroon Piracicaba (G4), Guaçu I/Z2 (G5) e Roxo Botucatu (G6), oriundos do trabalho de Rossi (2010).

2.2. Função de Produção

O uso da função de produção para análise e discussão dos resultados de experimentação agrícolas indica, em termos quantitativos, o máximo da quantidade do produto que pode ser produzido, baseado em uma determinada quantidade de fatores produtivos, bem como uma determinada tecnologia. Assim, o que uma

organização almeja são os lucros oriundos de seus investimentos, sabendo que existe uma série de fatores que podem contribuir para que o processo de otimização do seu sistema produtivo funcione da melhor maneira possível.

A função de produção mostra a relação física entre produto e fatores de produção. Para Ponciano *et al.* (2006), como a premissa básica é a maximização dos lucros deve-se utilizar a análise marginal para determinação do nível de insumo variável que maximiza o lucro. O fator variável deve ser adicionado ao processo produtivo até o ponto onde a mudança na renda, devido ao uso da última unidade de insumo, for maior ou igual à mudança no custo resultante da última unidade empregada desse fator. Dessa forma, um fator variável deve ser empregado até o ponto onde o valor adicional do produto for maior ou igual ao total adicional do custo do insumo.

Assim, trabalhos que envolvem funções de produção consistem, no ajustamento dos dados disponíveis a formas matemáticas adequadas, mediante equações de regressão, e tem a finalidade de prever a curva ou superfície total de produção, começando pelas equações ajustadas, e derivar os elementos relevantes a cada estudo particular. Dessa maneira, a função de produção expressa uma relação intrínseca entre a produção de um bem/serviço e os insumos e/ou fatores de produção necessários.

Nos agrossistemas e agronegócios, o adubo nitrogenado é o principal veículo de adição de “N”, e um dos insumos de maior importância pelo desempenho crescente na produtividade vegetal e pelo atendimento da demanda de alimentos (Lopes, 2008). A adubação nitrogenada é reconhecida por inúmeros autores como um dos componentes que mais demandam energia na produção agropecuária, chegando a responder por até 50% de toda energia consumida nas etapas agrícolas de um sistema de produção (Cleveland, 1995; Laegreid *et al.*, 1999; Pimentel & Patzek, 2005; Urquiaga *et al.*, 2005).

Através do processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN), microrganismos simbióticos ou associativos são capazes de fixar nitrogênio atmosférico em formas orgânicas; entretanto, um dos maiores problemas encontrados no processo de modelagem matemática das pesquisas agroindustriais é a identificação do modelo e/ou função matemática que se adeque e descreva de forma significativa as relações básicas de insumo/produto (Taiz & Zeiger, 2006).

O foco, na busca pela eficiência da adubação nitrogenada, é a sincronia entre disponibilidade de “N” no solo e demanda desse nutriente pela planta, nos seus estádios críticos (Crews & Peoples, 2005). Assim, é necessária a avaliação sistemática do potencial produtivo para, em momentos críticos, decidir sobre a necessidade de realizar adubação nitrogenada complementar. A análise espaço-temporal do “N” mineral, atualmente, é considerada parte de modelos de predição de rendimentos, construção de recomendações de adubação nitrogenada e quantificação de danos ambientais por excesso do uso de insumos nitrogenados.

Dessa forma, através dessa metodologia, pode-se estimar o ótimo físico e o máximo econômico, do processo de adubação nitrogenada do capim-elefante para geração de biomassa para fins energéticos. Um fator que foi determinante nos resultados alcançados, é que o $X_{(OTIMO)}$ e o $Y_{(MAX)}$ estão intrinsecamente arraigados na regressão polinomial de 2ª grau, que mostra a dose ótima de nitrogênio que maximiza a produção do capim-elefante com o mínimo custo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. A Função de Produção para o Capim-elefante

Um dos maiores problemas encontrados nos processos de modelagem matemática das pesquisas agroindustriais é a identificação do modelo e/ou função que se adeque e descreva de forma significativa as relações básicas de insumo/produto.

Como forma de estimar o máximo físico e o ótimo econômico, neste trabalho foi proposta a utilização de um polinômio do segundo grau segundo, (Frizzzone, 1991; Bernardo, 2006; Lyra, 2008), em que esta equação é considerada a mais utilizada para a função de produção “adubação-cultura”.

O processo de coleta e análise dos dados da viabilidade econômica do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) se deu através de seu plantio, bem como das dosagens de nitrogênio de modo a determinar qual o efeito que a mesma traz para o capim, determinando o nível de dosagem máximo para obtenção do ótimo de produtividade, atrelado a redução de custos e sua viabilidade econômica.

Estudos mostraram respostas com alto potencial de produção com adubação nitrogenada na ordem de 1800 Kg de N.ha.ano⁻¹ sendo que a dose com maiores eficiências ocorreram próximas de 450 kg N.ha.ano⁻¹ (Corsi ,1972; Andrade, 2000; Vigtech, 2012). Com relação ao uso do capim-elefante para fins energéticos isso não é diferente.

Segundo Embrapa (1985) é quase impossível tirar uma conclusão a respeito da melhor formulação de adubo, devido ao grande número de fatores que condicionam uma adubação. De uma maneira geral, para a adubação nitrogenada, a maioria dos trabalhos recomenda quantidades entre 100 kg e 200 kg de N ha.ano⁻¹, divididos em aplicações correspondentes ao numero de cortes. Com relação à adubação orgânica (esterco de curral), aplicar 30 t.ha.ano⁻¹, de maneira semelhante

a anterior. Para qualquer tipo de adubação, o ideal é que se obtenham recomendações específicas (análise do solo) para cada caso em particular. Assim, todos os processos produtivos, sejam eles industriais, comerciais, individuais, etc., para sua posterior implantação requerem um estudo de sua viabilidade econômico/financeira.

3.2. Uso da Função de Produção

Considerando um preço médio de R\$ 3,91 Kg N.ha⁻¹ (R\$ 90,00, para um saco de ureia Heringer com 50 kg), e com um custo médio de US\$ 10,31 por tonelada de matéria seca do capim-elefante, e um preço de venda de US\$ 38,68 por tonelada, tendo como base de precificação uma produção média de matéria seca de 30 t.ha⁻¹ (Mazzarella, 2007).

Foram utilizados seis genótipos para fins de experimento, Cubano Pinda (G1), Mercker Pinda (G2), Mercker 86 México (G3), Cameroon Piracicaba (G4), Guaçu I/Z2 (G5) e Roxo Botucatu (G6). Com base na cotação do dólar do dia 11/10/2012 no valor de US\$ 2,049, apenas o genótipo G3 (Mercker 86 México), não obteve função quadrática que expressasse máximo físico, inviabilizado assim sua utilização para mensurar função produção.

A tabela 01 abaixo ilustra os genótipos e sua produtividade em termos de tonelada de matéria seca por hectare, as equações de regressão (notas de rodapé), o valor econômico referente às doses ótimas de nitrogênio (X-Ótimo Kg N.ha⁻¹) e a rentabilidade ótima obtida através da função de produção.

Pode-se concluir o seguinte pela tabela em relação à função produção, observa-se o seguinte: com respeito à produtividade, o que melhor se destacou foi a Cameroon Piracicaba (G4) podendo alcançar uma produtividade ótima de 60,97 toneladas de matéria seca por hectare. Em termos de função de produção, utilizando o valor X-Ótimo de adubação de 1.995,64 Kg N.ha⁻¹ obteve uma lucratividade de R\$ 137.137,61.

O genótipo com segundo melhor potencial em termos de desempenho de produtividade, foi Mercker Pinda (G2), podendo obter produção ótima de cerca de 45,57 toneladas de matéria seca por hectare.

Tabela 01 - Equações de regressão¹ e valores da função de produção para cinco genótipos de capim-elefante para fins energéticos (máximo físico e ótimo econômico)

Genótipo	Produtividade Ótima: Y-Máximo em t MS.ha ⁻¹	Ótimo Econômico: X-Ótimo em Kg N.ha ⁻¹	Rentabilidade X-Ótimo (R\$)
G1	44,70	902,81	102.746,83
G2	45,57	4.037,61	92.550,41
G4	60,97	1.995,64	137.137,61
G5	44,10	662,18	102.240,97
G6	28,85	1.244,85	63.717,55

G1 = Cubano Pinda; G2 = Mercker Pinda; G4 = Cameroon Piracicaba;
G5 = Guaçu I/Z2 e G6 = Roxo Botucatu.

Entretanto, para se obter uma lucratividade ótima (X-Ótimo) de R\$ 92.550,41, necessitaria de um dispêndio de 4.037,61 Kg N.ha⁻¹, o que em face do G1, seria totalmente inviável, devido à quantidade de insumo utilizada na proporção de aproximadamente 50,57% a mais, ou seja, praticamente mais que o dobro de quantidade e com um lucro 32,51% a menos.

Ainda em termos de desempenho de potencial de produtividade, o genótipo Cubano Pinda (G1), obteve cerca de 44,70 toneladas de matéria seca por hectare. Com uma dose X-Ótimo de 902,81 Kg N.ha⁻¹ obteve uma lucratividade de R\$ 102.746,83. Em relação ao genótipo de maior produtividade Cameroon Piracicaba (G4) sua dose ótima foi cerca de 54,76% menor, e conseguiu uma produtividade correspondente a 74,92% da produtividade do G4.

Para o genótipo Guaçu I/Z2 (G5), a produtividade em termos de toneladas de matéria seca por hectare foi de 44,10. Observa-se, no entanto, observa-se grande potencial dessa variedade, pois com um valor X-Ótimo de 662,18 Kg N.ha⁻¹ obteve-se uma lucratividade ótima de R\$ 102.240,97. Se comparar o genótipo de melhor desempenho de produtividade, ou seja, o Cameroon Piracicaba (G4) com o genótipo com quarto melhor desempenho Guaçu I/Z2 (G5) observou-se que: o genótipo G4

¹ Equações de Regressão para os cinco genótipos de capim-elefante:
Equação: $Y = aN^2 + bN + c$

G1 ► $Y = -0,0000168N^2 + 0,03197911N + 29,48565294$

G2 ► $Y = -0,0000005N^2 + 0,0056823N + 29,42637843$

G4 ► $Y = -0,0000083N^2 + 0,03477233N + 24,54809804$

G5 ► $Y = -0,00000709N^2 + 0,01103444N + 39,80198824$

G6 ► $Y = -0,00000326 N^2 + 0,00976114 N + 21,5425549$

obteve um desempenho potencial de produtividade cerca de 27,67% a mais que o G5, ou seja, 16,87 toneladas de matéria seca por hectare.

Em termos de adubação ótima (X-Ótimo), o genótipo G4 necessita cerca de 1.995,64 Kg N.ha⁻¹, sendo que o G5 necessita de 662,18 Kg N.ha⁻¹, ou seja, o G4 necessita de cerca de 66,82% a mais que o G4 (1.333,46 Kg N.ha⁻¹) a mais que o G5. Com essa quantidade de insumo ótima, o G4 obteve um valor de lucratividade ótima de R\$ 137.137,61 e o G5 uma lucratividade ótima de R\$ 102.240,97, ou seja, existe uma diferença de 25,45% de lucratividade do G5 para o G4 (R\$ 34.896,64). Entretanto, o G4 necessita de cerca de 66,82% a mais de insumo para obter esse percentual de lucratividade (25,45%).

Figura 01 - Experimento de seis genótipos de Capim-elefante: Cubano Pinda (G1), Mercker Pinda México (G2), Mercker 86 México (G3), Cameroon Piracicaba (G4), Guaçu I/Z2 (G5) e Roxo Botucatu (G6) na conduzido no Centro Estadual de Pesquisas em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos, no município de Campos dos Goytacazes/RJ.



Já a produtividade passaria de 44,10 toneladas de matéria seca por hectare, para 88,2 toneladas de matéria seca em dois hectares, superando a produtividade de G4 em apenas um hectare, que é de 60,97 toneladas de matéria seca por hectare.

A lucratividade também é maior, pois com o genótipo G5 plantado em dois hectares, obteve-se um X-Ótimo no valor de R\$ 204.481,94, superando o genótipo G4 com lucratividade de R\$ 136.750,21. Assim, compensaria mais produzir o genótipo G5 em dois hectares, obtendo um dispêndio menor em termos de adubação, e conseqüentemente, maior lucratividade, do que o genótipo G4 em apenas um hectare.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Pela metodologia da função de produção, constata-se que tal procedimento tem ampla aplicabilidade nos empreendimentos agrícolas, pois mensura a produtividade ótima de determinando produto de modo que não haja perda, nem excesso. O genótipo Cameroon Piracicaba (G4) possui grande potencial produtivo, podendo alcançar uma produtividade máxima de cerca de 60,97 toneladas de matéria seca por hectare, mediante adubação nitrogenada.

O genótipo Guaçu I/Z2 (G5), entretanto, obteve 44,10 toneladas de matéria seca por hectare, que corresponde a 72,33% da produtividade do genótipo G4, com apenas 33,18% da necessidade de adubo utilizada pelo genótipo G4. Assim, para fins de produtividade, seria mais vantajoso, plantar mais hectares do genótipo G5, que em termos de produtividade seria mais viável.

O genótipo Cubano Pinda (G1) também se mostrou bastante promissor, pois para uma produção de matéria seca de 44,70 t.ha⁻¹, ou seja, 73,31% da produtividade do genótipo G4 necessitariam apenas 45,24% da necessidade de ótima adubo utilizada pelo genótipo G4.

Em termos de adubação versus produtividade, conclui-se que os genótipos G6 e G1, são totalmente inviáveis, pois a quantidade de adubação seria muito alta em face do pequeno retorno de produtividade de matéria seca em toneladas por hectare. Constatou-se que, para fins de produtividade, o fator irrigação, bem como a adubação de cobertura se torna preponderante e indispensável, pois facilita a absorção, e minimiza as perdas da adubação. Assim, como futuros trabalhos e pesquisas, propõe-se trabalhar com irrigação e adubação de cobertura, de forma que se aperfeiçoem os resultados finais. Propõe-se também um experimento com adubação NPK de forma a explorar esse tipo de adubação, bem como os resultados em termos de viabilidade econômica.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROSOFT BRASIL. Capim-elefante, novo campeão em biomassa no Brasil. Agência Envolverde. 2008. Disponível em: <http://www.agrosoft.org.br/pdf.php?node=26484> e em: <http://www.agrosoft.org.br/agropag/26484> .htm . Acesso em: 17/11/2008.

ALMEIDA, L. A. S. B., VIEIRA, M. C., GASPARINO FILHO, J., MORETTI, V. A, BICUDO NETO, L. C. Factibilidade econômica sob condições de riscos: análise de moinhos de milho para suplementação de farinha de trigo. Revista de Economia e Sociologia Rural, 1985, n.02, artigo 03.

ANDRADE, A. C. Produtividade e valor nutritivo do capim-elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. Revista Brasileira de Zootecnia, v.29, n.6, p.1589-1595, 2000.

BERNARDO, Salassier. Manual de irrigação. 8. ed. Viçosa, MG. UFV (2006), 625p.

BOGDAN, A. V. Tropical Pastures and Fooder Plants. London: Longman, 1977. 475 p.

BOTREL, M.A., ALVIM, J.M., MARTINS, C.E. Avaliação e seleção de cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) para pastejo. R. Soc. Bras. Zootec.,23(5):755. 1994.

BRUNKEN, J. N. Asystematic study of *Pennisetum* Sect. *Pennisetum* (Gramineae). American journal of Botany, New York, v. 64, n.2, p. 161-176, 1977.

CARVALHO, Daniel Fonseca de. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Funções de Produção na Agricultura Irrigada. Instituto de Tecnologia - Departamento De Engenharia – Seropédica, RJ, 2011. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/daniel/> . Acesso em: 27/10/2011.

CLEVELAND, C. J. The direct and indirect use of fossil fuels and electricity in USA agriculture 1910-1990. Agriculture, Ecosystems and Environment, v.55, p.111-121, 1995.

CORREA, M.P.. Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. Rio de Janeiro, 1926, Imprensa Nacional, v.1., p.552-4.

CORSI, M. Estudo da produtividade e valor nutritivo do capim-elefante *Pennisetum purpureum* Schum, variedade Napier, submetido a diferentes frequências e alturas de corte. Piracicaba, ESALQ, 1972, 239p. Tese de Doutorado.

CREWS, T.E. & PEOPLES, M.B. Can the synchrony of nitrogen supply and crop demand be improved in legume and fertilizer-based agroecosystems? A review. *Nutr. Cycling Agroecosyst.*, 72:101-120, 2005.

DAHER, R.F., VÁZQUEZ, H.M., PEREIRA, A.V., FERNANDES, A.M. Introdução e avaliação de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) em Campos dos Goytacazes, RJ. *Rev. bras. zootec.* 29 (5):1296-1301, 2002.

DAHER, R.F.; MORAES, C.F.; CRUZ, C.D.; PEREIRA, A.V.; XAVIER, D.F. Diversidade morfológica e isozimática em capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.26, p.255-64, 1997a.

DAHER, R.F.; MORAES, C.F.; CRUZ, C.D.; PEREIRA, A.V.; XAVIER, D.F. Seleção de caracteres morfológicos discriminantes em capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.26, p.265-70, 1997b.

DAHER, R.F.; PEREIRA, M.G.; AMARAL JR., A.T.; PEREIRA, A.V.; LÉDO, F.J.S.; DAROS, M. Estabilidade da produção forrageira em clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Ciência e Agrotecnologia*, v.27, n.4, p.788-797. 2003.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite, Coronel Pacheco, MG. *Pennisetum purpureum*, Schumacher; revisão, por Limírio de Almeida Carvalho. Coronel Pacheco, MG, 1985. p. il. (EMBRAPA – CNPGL. Boletim de Pesquisa, 10). 1. *Pennisetum purpureum* - Revisão Bibliográfica. I. Carvalho, Limírio de Almeida, colab. II. Título. III. Série. CDD – 633.2

FARIA, V. P. de. Formas de uso do capim-elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE CAMPIM-ELEFANTE, 2., 1994, Coronel Pacheco. *Anais...Coronel Pacheco*, MG: EMBRAPA/CNPGL, 1994. P. 139-148.

FERNANDES, M. C. Avaliação tecno-econômica da gaseificação do capim-elefante para eletrificação rural. 2000.77p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

FLORES, Rilner Alves. Produção de capim-elefante (*Pennisetum Purpureum* Schum.) para fins energéticos no cerrado: resposta a adubação Nitrogenada e idade de corte. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Instituto de Agronomia Curso de Pós-Graduação em Agronomia Ciência do Solo, Seropédica, RJ, 2009.

FRIZZONE, J.A. Planejamento otimizado da irrigação. In: D. NETTO, D.; SAAD, A. M.; Van LIER, Q. J. Curso de agricultura irrigada. Piracicaba: Dep. de Agricultura, ESALQ, 1991. p. 1-26.

FRIZZONE, J.A., Função de resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao uso de nitrogênio e lâminas de irrigação. 1986, 133 p., Piracicaba-SP: ESALQ. (Tese D.S. em Solos e nutrição de plantas).

JACQUES, A.V.A. Fisiologia do crescimento do capim-elefante. In: Carvalho, L. de A.; carvalho. M.M.; Martins, C.E.; Vilela, D. eds. Simpósio sobre capim-elefante. *Anais. Coronel Pacheco: Embrapa-CNPGL*, 1990.

JAUHAR, P. P. Cytogenetics and breeding of pearl millet and related species. Alan R. Liss, New York Kalyane VL, Chatterji AK, 1981.

JORNAL DE SÃO DESIDÉRIO Ano I - São Desidério comemora 48 anos. Edição Zero - Distribuição Gratuita, São Desidério - Bahia, Fevereiro de 2010. Disponível em: http://www.saodesiderio.ba.gov.br/jornal_cidadao/00-2010.pdf. Acesso em: 22/08/2012.

LAEGREID, M.; BOCKMAN, O. C.; KAARSTAD, O. Agriculture, fertilizers and the environment. (Wallingford: CABI), 1999.

LAREDO, M.A.; MINSON, D.J. The voluntary intake, digestibility and retention time by sheep leaf and stem fractions of five grasses. Australian Journal of Agricultural Research, v.24 p.875-888, 1973.

LOPES, Bruna Adese. O Capim-elefante. Seminário apresentado à disciplina - ZOO 645 (Métodos nutricionais e alimentação de ruminantes). Universidade Federal de Viçosa Centro de Ciências Agrárias Departamento de Zootecnia. Viçosa, Maio de 2004. Disponível em: <http://www.forragicultura.com.br/arquivos/capimelefanteBruna.pdf>. Acesso em: 27/07/2008.

LOPES, Marcus Vinicius França. Análise Multicriterial da Viabilidade Agronômica de Produção da Gramínea Capim-elefante, *Pennisetum Purpureum*, no Município de Campos dos Goytacazes, RJ, para Fins Energéticos. Programa de Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Cândido Mendes. Campos – RJ, 2008.

LOWE, A.J., HANSON, J.; TEALE, A. Molecular Characterization of Napier Grass (*Pennisetum purpureum*) Using Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) Markers. African Feed Resources Network Newsletter. 6:4-8. 1996.

LYRA, Guilherme Bastos. Estimativa dos Níveis Ótimos Econômicos de Irrigação e de Adubação Nitrogenada nos Mamoeiros (Carica Papaya L.) Cultivar Golden e do Híbrido UENF Caliman 01. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF Centro de Ciências e Tecnologia Agropecuária – CCTA Pós-Graduação Em Produção Vegetal Laboratório de Engenharia Agrícola – LEAG, Campos dos Goytacazes - RJ. 2007. Disponível em: http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetailObraForm.do?select_action=&co_obra=87932. Acesso em: 31/03/2011.

LYRA, Guilherme Bastos; PONCIANO, Nivaldo José; SOUSA, Elias Fernandes de; BERNARDO Salassier; DAHER, Rogério Figueiredo; PEREIRA, Messias Gonzaga; MARINHO, Albanise Barbosa. Estimativa dos Níveis Ótimos e Econômicos de Irrigação no Mamoeiro (Carica Papaya L.) Cultivar Golden nas Condições do Norte do Espírito Santo. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 30, n. 2, p. 000-000, Junho 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbf/v30n2/a21v30n2.pdf>. Acesso em: 24/08/2011.

MALDONADO, J.A. El pasto elefante o grama elefante *Pennisetum purpureum* (Schum). Revista Industrial y Agrícola de Tucuman, Tucuman, v. 39, n. 1-9, p. 22-29, 1955.

MARTINS, D. P. Resposta do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims var. *flavicarpa* Deg.) a lâminas de irrigação e doses de nitrogênio e potássio. 1998, 84 p. Campos dos Goytacazes: UENF. (Tese D.S.).

MAZZARELA, V. (Producer). (2007). Capim-elefante como fonte de energia no Brasil: realidade atual e expectativas. INEE - Instituto Nacional de Eficiência Energética. Retrieved from <http://www.inee.org.br/download/eventos/0945VicenteMazzarela IPT.ppt>. Acesso em: 01/11/2012.

MAZZARELA, Vicente, N.G... Jornada Madeira Energética Capim-elefante com Fonte de Energia no Brasil: Realidade Atual e Expectativas. IPT-BNDS - Rio de Janeiro, maio de 2007. P.Point.

MORAIS, R. F. Potencial produtivo e eficiência da fixação biológica de nitrogênio de cinco genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), para uso como fonte alternativa de energia. Tese de Mestrado, UFRRJ, 2008, 87p.

MOSS, D.N. Some aspects of microclimatology important in forage plant physiology. In: Forage plant physiology an soil relationships. ASA Special publications Madison-Winsconsin, 1964.

OLIVARES GÓMEZ, E. Estudo da pirólise rápida de capim-elefante em leito fluidizado borbulhante mediante caracterização dos finos de carvão. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. 412p. (Tese de Doutorado). 2002.

OSAVA, Mario. Capim-elefante, novo campeão em biomassa no Brasil. 2007. Disponível em: <http://www.udop.com.br/index.php?cod=78326&item=noticias> e em: <http://www.mwgloba.org/ipsbrasil.net/nota.php?idnews=3292>. Acesso em: 29/08/2011.

OTERO, J. R. Informações sobre algumas plantas forrageiras. 2.ed. Rio de Janeiro: SIA, 1961. 334p.

PEREIRA, A. V. Escolha de variedades de capim-elefante. In: Peixoto, A. M.; Moura, J. C.; Faria, V.P. ed. Simpósio sobre manejo de pastagem. 10. Anais. Piracicaba. 1992. p. 45-62.

PEREIRA, A. V.; VALLE. C. B.; FERREIRA, R. P.; MILLES, J. W. Melhoramento de forrageiras tropicais. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. Recursos genéticos e melhoramento. Rondonópolis: Fundação Mato Grosso, 2001. P. 549-602.

PEREIRA, Aloísio Rodrigues. Como Selecionar Plantas para Áreas Degradadas e Controle de Erosão. 2006. Disponível em: <http://www.deflor.com.br/portugues/pdf/LivroSEAD.pdf>. Acesso em: 16/11/2008.

PIMENTEL, D.; PATZEK, T. Ethanol production using corn, switchgrass, and wood; biodiesel production using soybean and sunflower. Natural Resources Research, v. 14, n. 1, 2005.

PONCIANO, N.J., CONSTANTINO, C.O.R., SOUZA, P.M., DETMANN, E. Avaliação econômica da produção de abacaxi (*Ananas cosmosus* L.) cultivar perola na região Norte Fluminense. Caatinga, Mossoró - RN, v.19, n.1, p.82-91, 2006.

QUESADA, D. M. Seleção de Genótipos de Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* schum.) para Alta Produção de Biomassa e Eficiência da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN). Seropédica, RJ. Dissertação de Mestrado, 2001,140p.

QUESADA, Diego Mureb. Parâmetros Quantitativos e Qualitativos de Diferentes Genótipos de Capim-elefante com Potencial para Uso Energético. Universidade Federal do Rio de Janeiro – Instituto de Agronomia - Curso de Pós-Graduação em Agronomia e Ciência do Solo. Tese de Doutorado, 2005.

REVISTA FATOR BRASIL. DEDINI assina contrato de termoeletrica movida à capim-elefante. 2006. Disponível em: http://www.revistafatorbrasil.com.br/ver_noticia.php?not=14691. Acesso em: 06/10/2008.

ROCHA, Décio. Energia limpa - capim-elefante pode substituir o carvão mineral. Revista Eletrônica Ambiente em Foco – EMBRAPA AGROBIOLOGIA. 2007. Disponível em: <http://www.ambienteemfoco.com.br/?p=3656> . Acesso em: 17/11/2008.

RODRIGUES, L. R. de A.; PEDREIRA, J. V. S.; MATTOS H. B. de. Adaptação ecológica de algumas plantas forrageiras. Zootecnia, Nova Odessa, v.13, n.4, 1975, p.201-218.

RODRIGUES, L.R.A, MONTEIRO, F.A. RODRIGUES,T.J.D. Capim-elefante. In: PEIXOTO, A.M., PEDREIRA, C.G.S, MOURA, J.V. FARIA, V.P. Simpósio sobre manejo de pastagens, 17, Piracicaba, 2001. 2ª ed. Anais...Piracicaba: FEALQ, 2001, p.203-224.

SALLES, A.C.N. Metodologias de análise de risco para avaliação financeira de projetos de geração eólica. Mestrado -Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://www.ppe.ufri.br/ppp/production/tesis/acnsalles.pdf>. Acesso em 20/08/2009.

SCHEMER, M. R.; VOGEL, K. P.; MITCHELL, R. B.; PERRIN, R. K. Net energy of cellulosic ethanol from switch grass. PNAS, v.105, n.2, p. 464-469, 2008.

SILVA, Wilson Araújo da. Modelagem matemática aplicada no planejamento da agricultura irrigada, utilizando informações georreferenciadas. 2007. xi, 98 f. : il. Tese (doutorado)- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo; Fisiologia Vegetal. Trad. Eliane Romanato Santarém ... [et al]. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

TCACENCO, F. A.; BOTREL, M. de A. Identificação e avaliação de acessos e cultivares de capim-elefante. In.: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM-ELEFANTE, 1990, Juiz de Fora. Anais... Coronel Pacheco; EMBRAPA-CNPGL, 1990. p. 1-22.

TCACENCO, F.A.; BOTREL, M. de A. Identificação e avaliação de acessos e cultivares de capim-elefante. In.: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F.; CARVALHO, L. de A. (Ed.) Capim-elefante: Produção e utilização. Coronel Pacheco: EMBRAPA, CNPGL, 1994. p.1-30.

TIMBÓ, Ana Luíza de Oliveira. Obtenção de Protoplastos de Híbridos Triplóides entre Capim-elefante e Milheto. Universidade Federal de Lavras: UFLA, 2007. 44p. Disponível em: http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=82222 . Acesso em: 14/11/2008.

TUNES, Eduardo Nasra. Potencial de Germinação de Estacas e Avaliação de Características Morfoagronômicas em Seis Cultivares de Capim-elefante (*Pennisetum Purpureum* Schum.) Para Fins Energéticos em Campos Dos Goytacazes, RJ. Universidade Estadual Do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias – CCTA, Campos dos Goytacazes – RJ, 2011.

URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Produção de Biocombustíveis: A Questão do Balanço Energético. Revista de Política Agrícola, v.5, p.42-46, 2005.

URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Capim-elefante: Uma Fonte Alternativa Promissora para a Produção de Energia. 2006. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/Capimelefante. Acesso em: 28/09/2011.

VIGTECH – Plantando Hoje o Futuro. Uma Nova Fonte Alternativa de Energia. Campinas, SP, 2012. Disponível em: <http://www.vigtech.com.br/>. Acesso em: 09/09/2012

VILELA, Herbert. Série Gramíneas Tropicais - Gênero Pennisetum (*Pennisetum purpureum* – Capim) Agronomia: O Portal da Ciência e Tecnologia. 2007. Disponível em: http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_gramineas_tropicais_pennisetum_purpureum.htm. Acesso em: 02/09/2008.

YOUNGNER, V.B. Physiology of defoliation and regrowth. In: YOUNGNER, V.B., MICKELL, C.M. (Eds.) The biology and utilization of grasses. London: Academic Press. p.292-304, 1972.

XAVIER, D.F.; BOTREL, M.A.; DAHER, R. F.; GOMES, F.T.; PEREIRA, A.V. Caracterização Morfológica e Agronômica de Algumas Cultivares de Capim-elefante EMBRAPA-CNPGL. Documentos, n. 60. 24p. 1995.

6. ANEXOS

1.1. Função Produção

Normalmente as expressões matemáticas das funções de produção “água-cultura” são do tipo linear, potencial e exponencial. E em geral, podemos expressá-las da seguinte forma:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N)$$

Em que,

Y - representa a produtividade da cultura; e.

X_1 , X_2 e X_N - os fatores que afetam esta produtividade.

Trata-se de uma relação empírica, obtida normalmente por análise de regressão entre as variáveis dependentes (produtividade) e uma ou mais variáveis independentes (adubação ou lâmina de água aplicada), conforme o modelo proposto. Como forma de estimar o ótimo físico e o máximo econômico, na literatura o modelo polinomial de segundo grau é o mais difundido, assim com afirma, (Frizzzone, 1991; Bernardo, 2006; e Lyra, 2008), em que, esta equação é considerada a mais utilizada para a função de produção “adubação-cultura”.

$$Y = f(x) = a + bX + cX^2 + e_i \quad (1)$$

Onde,

Y = Produtividade do capim-elefante, t.ha⁻¹;

X = Dose de ureia, kg.ha⁻¹;

a , b , c = Coeficientes de ajustes;

e_i = Erro aleatório.

Com a função de produção ajustada, foi determinada a adubação nitrogenada (X_{Max}) que maximiza a produção, ou seja, foi obtida a derivada da função (1), e igualando a função igual a zero para buscar o ponto máximo da mesma, obtemos:

$$0 = b + 2cX$$

$$\frac{-b}{2c} = X$$

Reagrupando os fatores e chamando X de X_{Max} obtém-se:

$$X_{Max} = -\frac{b}{2c} \quad (2)$$

Em seguida, estimou-se a produtividade máxima (Y_{Max} , t.ha⁻¹) substituindo X por X_{Max} na equação (1). Onde:

X_{Max} = Adubação Nitrogenada (kg.ha⁻¹) em que se obtém o máximo valor de produção;

Y_{Max} = Produtividade máxima em t. ha⁻¹;

$$Y_{MAX} = f(x) = a + b(X_{Max}) + c(X_{Max})^2 + e_i$$

$$Y_{MAX} = f(x) = a + b\left(-\frac{b}{2c}\right) + c\left(-\frac{b}{2c}\right)^2 + e_i$$

$$Y_{MAX} = f(x) = a - \frac{b^2}{2c} + \frac{cb^2}{4c^2} + e_i$$

$$Y_{MAX} = f(x) = a - \frac{b^2}{2c} + \frac{b^2}{4c} + e_i$$

$$Y_{MAX} = f(x) = a - \frac{2b^2}{4c} + \frac{b^2}{4c} + e_i$$

$$Y_{MAX} = f(x) = a - \frac{b^2}{4c} + e_i \quad (3)$$

A receita líquida operacional do empreendimento pode ser obtida da seguinte maneira:

$$L(X_{MAX}, Y_{MAX}) = P_Y Y_{MAX} - (P_X X_{MAX} + C + k) + e_i \quad (4)$$

Em que,

$L(X, Y)$ = Receita líquida operacional, em R\$;

Y = Função de Produção do Capim-elefante;

P_Y = Preço do produto, em R\$. t⁻¹;

P_X = Preço do adubo, kg.ha⁻¹;

C = Custo dos fatores fixos, em R\$;

K = Custos variáveis não relacionados ao custo da adubação, em R\$, e,

e_i = Erro aleatório.

A maximização do lucro foi obtida calculando-se a derivada de primeira ordem da equação (4)

$$\begin{aligned} \frac{\partial L(X, Y)}{\partial X} &= \frac{dL(X, Y)}{dX} = P_Y \frac{dY}{dX} - (P_X \frac{dX}{dX} + 0 + 0) + 0 \\ \frac{\partial L(X, Y)}{\partial X} &= \frac{dL(X, Y)}{dX} = P_Y \frac{dY}{dX} - (P_X) \\ \frac{\partial L(X, Y)}{\partial X} &= P_Y \frac{\partial Y}{\partial X} - (P_X) = 0 \end{aligned} \quad (5)$$

Sendo que,

$$P_Y \frac{\partial Y}{\partial X} = P_X \quad \text{e} \quad \frac{\partial Y}{\partial X} = \frac{P_X}{P_Y} \quad (6)$$

A adubação nitrogenada (X_{OTIMO}) que maximiza a receita é obtida da seguinte relação especificado pela equação 7:

$$\frac{\partial Y}{\partial X} = a + bX + cX^2 + e_i$$

$$\frac{\partial Y}{\partial X} = b + 2cX \quad \text{e} \quad \frac{\partial Y}{\partial X} = \frac{P_X}{P_Y}$$

Então:

$$b + 2cX = \frac{P_X}{P_Y}$$

$$P_Y b + 2cP_Y X = P_X$$

$$X_{OTIMO} = \frac{P_X - P_Y b}{2P_Y c} \quad (7)$$

III - ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA BIOMASSA ENERGÉTICA EM SEIS GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE (*Pennisetum purpureum* Schum.) EM CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ.

RESUMO

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) está entre as espécies de maior capacidade de acumulação de matéria seca, possuindo também características qualitativas favoráveis para uso na produção de energia. Este trabalho objetivou a análise da viabilidade econômica do capim-elefante para fins energéticos, mediante o uso dos indicadores, Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR). Constatou-se que, em relação ao potencial de produtividade, o genótipo G4 possui capacidade produtiva de 60,97 t.ha⁻¹, seguido pelo G2 com uma produtividade de 45,57 t.ha⁻¹, pelo G1 com 44,70 t.ha⁻¹, G5 com 44,10 t.ha⁻¹ e por último o G6 com 28,85 t.ha⁻¹. Conclui-se que, com exceção do genótipo Mercker 86 México, todos os demais apresentaram viabilidade econômica. O Cameroon Piracicaba (G4) apresentou o melhor desempenho com maiores indicadores econômicos de VPL e TIR, seguido do Guaçu I/Z2 (G5), do Cubano Pinda (G1), do Roxo Botucatu (G6) e do Mercker Pinda (G2).

ABSTRACT

The elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) Is among the largest species of capacity dry matter accumulation, but also have qualitative characteristics favorable for use in energy production. This study aimed to analyze the economic viability of elephant grass for energy through the use of indicators, Net Present Value and Internal Rate of Return. It was found that, compared to the yield potential, the genotype G4 has a production capacity of 60.97 t.ha⁻¹, followed by G2 with a productivity of 45,57 t.ha⁻¹ at G1 with 44,70 t.ha⁻¹, G5 with 44,10 t.ha⁻¹ and finally the G6 with 28,85 t.ha⁻¹. We conclude that, with the exception of genotype Mercker Mexico 86, all others showed economic viability. The Cameroon Piracicaba (G4) showed the best performance with highest economic indicators of NPV and IRR, followed by Guaçu I/Z2 (G5), the Cuban Pinda (G1), the Purple Botucatu (G6) and Mercker Pinda (G2).

1. INTRODUÇÃO

Em um mundo cada vez mais competitivo, os sistemas produtivos estão buscando meios para otimizar seus processos, além de almejar uma vantagem competitiva e lucros crescentes (Oliveira, 2005; Oliveira & Morales 2008).

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é uma *paniceae* forrageira tropical de elevado potencial de produção de biomassa, podendo atingir até 300 toneladas de matéria verde.ha.ano⁻¹ (Urquiaga *et al.*, 2006; Mazzarella, 2007). Durante muitos anos, o capim-elefante foi empregado, quase exclusivamente na produção animal, para formação de capineiras, utilizado na forma verde picado e silagem.

Atualmente, a demanda energética tem se tornado um problema mundial e a busca por fontes alternativas de energia é cada vez maior, tornando-se intensa a procura por variedades para produção de biomassa adaptadas aos diferentes ecossistemas do Estado do Rio de Janeiro. Assim, em função do elevado potencial de produção de biomassa do capim-elefante, outra utilização tem sido proposta, caracterizada pela sua transformação em carvão ou ainda, utilizada em forma de queima direta (Oliveira *et al.* 2012).

Entretanto, todos os processos produtivos sejam industriais, comerciais, individuais, etc., para sua posterior implantação, requerem um estudo de sua viabilidade econômico/financeira e em relação ao uso do capim-elefante para fins energéticos isso não é diferente. As atividades econômicas arraigadas ao processo de viabilidade econômica envolvem com isso certo risco, ou seja, podem dar certo conduzindo o projeto ao objetivo previsto, ou podem dar errado, não indo assim culminar em algo que se almeja exatamente.

Para Salles (2004), usualmente, a análise financeira de projetos é baseada em estimativas para o fluxo de caixa futuro do projeto, obtidas a partir de previsões para diversas variáveis. A análise inicial do fluxo de caixa é feita através de valores

representativos para as variáveis consideradas, permitindo o cálculo de indicadores financeiros determinísticos. Assim, a análise da viabilidade econômica consiste na construção dos fluxos de caixa que, uma vez obtidos, possibilitarão o cálculo dos indicadores de rentabilidade das atividades consideradas.

O estudo de viabilidade econômica é um processo de análise detalhada, ao qual tem dois objetivos básicos: identificação e fortalecimento das condições necessárias para êxito do projeto, e identificação e tentativa de neutralizar os fatores que podem dificultar o sucesso do projeto. Assim, o mecanismo de estudo de viabilidade econômica indica as condições necessárias para que os objetivos que se propõe alcançar dependam mais das próprias ações diante de situações imprevistas do que da mera sorte do acaso.

A produção de material energético alternativo através de biomassa vegetal representa hoje um dos grandes desafios para a pesquisa, já que a continuação da queima desenfreada de petróleo, além de ser finita, contribui para o efeito estufa, que ameaça o equilíbrio do clima da terra (Moraes, 2008, *apud* Flores, 2009). Com isso, o problema da demanda energética vem se tornando uma preocupação mundial.

Muitos países vêm buscando alternativas ao uso de combustíveis fósseis, reduzindo a dependência do petróleo (principalmente) e derivados, pelo fato de serem fontes finitas de energia. Como a queima de biomassa somente recicla CO₂ que foi retirado da atmosfera pela fotossíntese, ao que tudo indica, que em longo prazo, esta será uma das alternativas energéticas mais seguras (Schemer *et al.*, 2008, *apud*, Flores 2009). Grande parte da produção de energia está relacionada ao uso de derivados do petróleo, que contribuem consideravelmente para o aumento do efeito estufa.

Neste contexto foi estabelecido o tratado de Kyoto, para que os países poluidores reduzam as emissões de gases causadores do efeito estufa. Esta é uma questão fundamental para a sobrevivência futura dos países, pois as fontes fósseis são finitas e poluidoras, contribuindo com o aumento do efeito estufa. A preocupação com o ambiente e o ganho econômico, quer seja por produtos valorizados, por não serem degradadores do ambiente ou por créditos obtidos através do mecanismo de desenvolvimento limpo, previsto no Protocolo de Kyoto

(Quesada, 2005, *apud* Flores, 2009), são motivos para a busca de fontes alternativas de energia.

A espécie capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) está entre as gramíneas de maior capacidade de acumulação de matéria seca, possuindo também características qualitativas favoráveis para uso na produção de energia como altos teores de fibras, alta relação Carbono/Nitrogênio (C/N), alta relação Colmo/Folha (C/F), alto poder calorífico e baixo teores de cinzas (Flores, 2009).

O capim-elefante, por apresentar um sistema radicular bem desenvolvido, poderia contribuir de forma eficiente para aumentar o conteúdo de matéria orgânica do solo ou para o sequestro de carbono (C) no solo (Urquiaga *et al.*, 2006). A cultura do capim-elefante vem sendo apontada como uma espécie com um imenso potencial energético, sendo muito superior à cana de açúcar. Sua biomassa seca pode gerar vinte e cinco unidades de energia para cada uma de origem fóssil consumida em sua produção.

Por sua vez, a cana, convertida em etanol, alcança uma relação de apenas nove para uma (Osava, 2007). O interesse energético por essa cultura foi recentemente despertado por sua alta produtividade. A biomassa do capim-elefante pode ser utilizada para queima direta, gaseificação e produção de carvão vegetal, com rendimentos de energia diferenciada para cada uso. Dessa forma, a justificativa para elaboração deste trabalho se deve ao fato de que a agricultura energética desponta como alternativa para países como o Brasil, com grande extensão de áreas.

O uso do capim-elefante como fonte de energia tem se destacado como alternativa ambiental e como grande oportunidade para o desenvolvimento regional. Este trabalho objetiva promover profundas mudanças no que tange ao seu uso, bem como sua viabilidade econômica e, sobretudo, no nível de agronegócio regional, que possui grande potencial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro Estadual de Pesquisas em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos, antiga PESAGRO, no município de Campos dos Goytacazes/RJ.

A análise do solo foi realizada pelo Centro de Análises do Solo da UFRRJ no dia 27/08/2009. O delineamento estatístico experimental foi de fatoriais em blocos casualizados no modelo de parcelas subdivididas, compostos de dois fatores: Fator I (parcelas): genótipos - 6 clones, Fator II (subparcelas): nitrogênio - 5 níveis (100, 200, 400 800 e 1600) sendo as adubações realizadas nos dias: 12/11/2010, 08/12/2010, 17/01/2011, 01/03/2011 e 23/03/2011.

O corte de uniformização foi realizado dia 04/08/2010. O plantio foi realizado dia 26/04/2010 em uma área de 2418m² (46,5m x 52,0m), contendo três blocos com sub-subparcelas de 3m de comprimento por 3m de largura em um total de 72 em todo o experimento. Cada bloco teve 24 sub-subparcelas compostas de três linhas espaçadas de um metro de distância, com espaço de 1,5m entre as sub-subparcelas.

Foram utilizados seis genótipos (clones): Cubano Pinda (G1), Mercker Pinda (G2), Mercker 86 México (G3), Cameroon Piracicaba (G4), Guaçu I/Z2 (G5) e Roxo Botucatu (G6), oriundos do trabalho de Rossi (2010), assim como mostra a figura 01 da área experimento experimental abaixo.

Figura 01 - Área experimental após realização do plantio de seis genótipos de Capim-elefante: Cubano Pinda (G1), Mercker Pinda México (G2), Mercker 86 México (G3), Cameroon Piracicaba (G4), Guaçu I/Z2 (G5) e Roxo Botucatu (G6) sediada no Centro Estadual de Pesquisas em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos, no município de Campos dos Goytacazes/RJ.



2.1. Viabilidade Econômica do Capim-elefante para Fins Energéticos

A análise da viabilidade financeira foi realizada através da construção dos fluxos de caixa que, uma vez obtidos, possibilitaram o cálculo dos indicadores de rentabilidade das atividades consideradas. Na montagem dos fluxos de saída foram consideradas as despesas de investimento com insumos como adubação, serviços gerais como mão de obra, custo de arrendamento da terra, ou seja, todas as despesas operacionais efetuados ao longo do ciclo produtivo.

Na montagem dos fluxos de entrada, foram considerados como receita apenas a venda da produção de matéria seca em tonelada por hectares. Todos os

preços empregados na análise econômica, sejam de produtos ou de insumos, foram coletados no Centro Estadual de Pesquisas em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos, no município de Campos dos Goytacazes/RJ.

Para Salles (2004), usualmente, a análise financeira de projetos é baseada em estimativas para o fluxo de caixa futuro do projeto, obtidas a partir de previsões para diversas variáveis. A análise inicial do fluxo de caixa é feita através de valores representativos para as variáveis consideradas, permitindo o cálculo de indicadores financeiros determinísticos.

Assim, a viabilidade econômica é um processo de análise detalhada, ao qual tem dois objetivos básicos: identificação e fortalecimento das condições necessárias para o projeto dar certo, e identificação e tentativa de neutralizar os fatores que podem dificultar as possibilidades de êxito do projeto. O mecanismo de estudo de viabilidade econômica indica as condições necessárias para que os objetivos que se propõe alcançar dependam mais das próprias ações diante de situações imprevistas, do que da mera sorte do acaso.

É de praxe fazer o estudo de viabilidade econômica antes de se iniciar as atividades arraigadas ao projeto, pois embora possa parecer óbvio, na maior parte das vezes, não é isso o que vem ocorrendo no processo cotidiano de um empreendimento.

Dessa forma, a viabilidade econômica engloba dois aspectos principais: 1º relacionado com as questões estritamente econômicas; e 2º que implica em definir as relações que as pessoas envolvidas no projeto vão estabelecer entre si, as tarefas, compromissos e responsabilidades a serem conjuntamente assumidos, chamadas então, de questões associativas que envolvem o estudo de viabilidade.

Observa-se que o capim-elefante possui grande potencial de produção de biomassa para geração de energia. Sendo assim, tal potencial não pode de forma alguma ser menosprezado. Segundo Mazzarella (2007 *apud* Portal Agronomia, 2009), as vantagens comparativas do capim-elefante como produtor de biomassa em relação às demais fontes de energia, são: maior produtividade (45 toneladas de MS.ha.ano⁻¹), menor extensão de áreas para uma dada produção, menor ciclo produtivo (dois ou mais cortes por ano), melhor fluxo de caixa, possibilidade de mecanização total, energia renovável, e maior assimilação de carbono.

2.2. O Valor Presente Líquido (VPL)

Para Noronha (1987), a análise da viabilidade econômica é obtida através da utilização de fluxos de caixa, pois a sua construção possibilita o cálculo dos indicadores de rentabilidade das atividades consideradas. Os fluxos de caixa são valores monetários que representam as entradas (encaixes) e saídas (desencaixes) dos recursos e produtos por unidade de tempo, os quais compõem uma proposta ou um projeto de investimento. São formados por fluxos de entrada (receitas efetivas) e fluxos de saída (dispêndios efetivos), cujo diferencial é denominado fluxo líquido. Para Casarotto Filho (1996), os investimentos da empresa deverão render o suficiente para pagar os juros dos capitais de terceiros e proporcionar um lucro compatível com as expectativas dos acionistas. O VPL consiste em transferir para o instante atual todas as variações de caixas esperadas, e descontá-las a uma determinada taxa de juros e somá-las algebricamente (Lapponi, 2000):

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{R_j - C_j}{(1+i)^j} - \sum_{j=0}^n \frac{I_j}{(1+i)^j} \quad (1)$$

VPL : Valor Presente Líquido;

I : Investimento de capital na data zero (sendo negativo por ser um dispêndio);

R_j : Receita na data (j) do fluxo de caixa;

C_j : Custos e Despesas na data (j) do fluxo de caixa;

j : Prazo de análise do projeto;

i :Taxa mínima para realizar o investimento, ou custo de capital do projeto de investimento.

Para Salles (2004, *apud* Lima, *et al*, 2008), o Valor Presente Líquido (VPL) corresponde ao valor presente dos resultados esperados (positivos e negativos), do fluxo de caixa, descontando-se ao custo do capital, ou seja, à TMA. Essa taxa de desconto refere-se àquela em que o investidor poderia aplicar o capital com baixíssimo risco. Comumente utiliza-se a expressão livre de risco, entretanto, essa é uma situação hipotética, visando melhor entendimento do que representa a TMA.

Os projetos ou investimentos que apresentem VPL positivo são aceitáveis, viáveis, entretanto, a escolha entre dois projetos, com investimentos iniciais distintos, porém, ambos com VPL positivos, não é simples, requer uma análise mais requintada dos cenários, dos riscos e do custo de oportunidade.

2.3. A Taxa Interna de Retorno (TIR)

A TIR de um projeto é a taxa que torna nulo o VPL do fluxo de caixa do investimento. É aquela que torna o valor presente dos lucros futuros equivalentes aos dos gastos realizados com o projeto, caracterizando, assim, a taxa de remuneração do capital investido (Lapponi, 2000):

$$0 = \sum_{j=0}^n \frac{R_j - C_j}{(1 + TIR)^j} - \sum_{j=0}^n \frac{I_j}{(1 + TIR)^j} \quad (2)$$

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é uma taxa de desconto do investimento que anula o Valor Presente Líquido (VPL) do fluxo de caixa. É razoável, portanto, aceitar projetos que apresentem a TIR superior à Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Esse indicador é diretamente ligado ao VPL, e quando superior à TMA, indica um VPL positivo, mais uma vez, indicando que o projeto pode ser aceito.

Como premissa do método de cálculo da TIR, admite-se que os fluxos de caixa positivos são reinvestidos a Taxa Interna de Retorno do projeto. Essa premissa, entretanto, é válida apenas quando a TIR e a TMA são iguais.

A grande limitação da utilização do método da TIR é quando existem resultados negativos no fluxo de caixa (Bruni *et al.* 1998, *apud* Lima, *et al.* 2008).

Assim verifica-se que se comparando a TIR com a TMA, uma organização chega a três conclusões:

- a) Se a TIR for maior do que a TMA: o investimento é economicamente atrativo;
- b) Se a TIR for igual à TMA: o investimento está economicamente numa situação de indiferença;
- c) Se a TIR for menor que a TMA: o investimento não é economicamente atrativo, pois seu retorno é superado pelo retorno de um investimento sem risco.

Verifica-se então, que a viabilidade econômica de um empreendimento quando Valor Presente Líquido (VPL) esperado dos fluxos de caixa líquidos futuros forem superiores ao Valor Presente (VP) esperado dos custos de investimento, ou seja, quando o VPL do projeto for positivo (Finnerty, 1999, *apud* Salles, 2004).

A utilização de indicadores de resultado econômico, o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR) têm como vantagem, o fato de considerarem o efeito da dimensão tempo dos valores monetários.

Segundo Ponciano *et. al.* (2004), além da produtividade, outros elementos que afetam o orçamento possuem probabilidade de variarem, como por exemplo, os preços dos insumos e produtos. São difíceis de prever a que níveis estarão os preços um ano ou vários anos mais tarde, ou é difícil estimar os custos de oportunidade de um determinado insumo. A figura 02 abaixo mostra o experimento após algumas semanas de plantio.

Figura 02 - Experimento de seis genótipos de Capim-elefante: Cubano Pinda (G1), Mercker Pinda México (G2), Mercker 86 México (G3), Cameroon Piracicaba (G4), Guaçu I/Z2 (G5) e Roxo Botucatu (G6) na conduzido no Centro Estadual de Pesquisas em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos, no município de Campos dos Goytacazes/RJ.



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerou-se a cotação do dólar do dia 11/10/2012 no valor de US\$ 2,049 e um preço médio de R\$ 3,91 Kg N.ha⁻¹ (R\$ 90,00, para um saco de ureia Heringer com 50 kg), e com um custo de US\$ 10,31 (cerca de R\$ 21,13), por tonelada de capim-elefante, e um preço de venda de US\$ 38,68 (R\$ 79,26) por tonelada, e uma produção média de matéria seca de 30 t.ha⁻¹ (Mazzarella, 2007).

Foram utilizados seis genótipos para fins de experimento: Cubano Pinda (G1), Mercker Pinda (G2), Mercker 86 México (G3), Cameroon Piracicaba (G4), Guaçu I/Z2 (G5) e Roxo Botucatu (G6). Observa-se pela função de produção que apenas o genótipo G3 (Mercker 86 México), não obteve função quadrática que expressasse máximo físico, inviabilizando assim sua utilização para mensurar sua viabilidade econômica.

A tabela 01 abaixo ilustra os genótipos e sua produtividade em termos de tonelada de matéria seca por hectare, o Valor Presente Líquido (VPL) a uma taxa de atratividade de 6% e 10%, bem com a Taxa Interna de Retorno para os cinco genótipos considerados.

Tabela 01 - Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR) para cinco genótipos de capim-elefante em função de sua produtividade.

Genótipos	Produtividade (t MS.ha ⁻¹)	VPL (R\$)		TIR
		6%	10%	
G1	44,70	39.932,26	29.293,44	22,01%
G2	45,57	20.336,89	12.787,24	9,95%
G4	60,97	53.900,82	39.822,30	24,98%
G5	44,10	40.729,99	30.007,44	22,76%
G6	28,85	17.010,02	11.221,50	10,58%

VPL = Valor Presente Líquido; TIR = Taxa Interna de Retorno.

Tendo como base dez períodos a serem considerados e dois cortes por ano, pode-se observar o fluxo de caixa para os genótipos, a uma taxa média de atratividade (TMA) de 6% e 10%. O capital de giro anual foi estimado a uma base de 20% das receitas. A figura 03 mostra o experimento em fase de corte:

Figura 03 - Experimento em fase de corte de seis genótipos de Capim-elefante: Cubano Pinda (G1), Mercker Pinda México (G2), Mercker 86 México (G3), Cameroon Piracicaba (G4), Guaçu I/Z2 (G5) e Roxo Botucatu (G6) na conduzido no Centro Estadual de Pesquisas em Agroenergia e Aproveitamento de Resíduos, no município de Campos dos Goytacazes/RJ.



O genótipo Cameroon Piracicaba (G4) obteve o melhor desempenho em termos de produtividade, com $60,97 \text{ t.ha}^{-1}$. Este genótipo obteve os melhores resultados da TIR e do VPL em termos de retorno de lucratividade para as taxas de 6% e 10%. O genótipo sobressaiu ao encontrado por Moraes *et al.*, (2009), que obtiveram produção de até 32 t.ha^{-1} e Rossi (2010) com produção média de matéria

seca de 25,44 t.ha⁻¹, ao qual mostrou que o fator adubação é bem eficaz para ganho em tonelada de matéria seca por hectare.

O genótipo que obteve a segundo melhor produtividade foi o Mercker Pinda (G2) com 45,57 t.ha⁻¹. Esse genótipo obteve o pior resultado da TIR com 9,95% e o segundo pior resultado para a VPL nas taxas consideradas. Esse resultado mostra a inviabilidade de sua utilização para fins energéticos em face aos demais genótipos analisados. Entretanto tal resultado foi ainda superior a Rossi (2010) o qual obteve produção média de matéria seca de 33,01 t.ha⁻¹.

O Cubano Pinda (G1) obteve o terceiro melhor desempenho tanto em termos de produtividade com 44,70 t.ha⁻¹, quanto dos valores da TIR com 22,01% e do VPL para as taxas consideradas. No entanto, tal resultado mediante adubação nitrogenada ainda se mostrou superior aos encontrados por Rossi (2010) com produção média de matéria seca de 37,34 t.ha⁻¹ e Barbé (2012) com produção de matéria seca 22,21 t.ha⁻¹ com 24 semanas de idade.

O genótipo Guaçu I/Z2 (G5) obteve quarta colocação na produtividade com 44,10 t.ha⁻¹. Ele obteve o segundo melhor valor da tanto na TIR com 22,76% quanto no VPL. Pereira (1994) apresenta uma variação de 25 a 79 toneladas de MS.ha⁻¹ anualmente, dependendo da adubação, da frequência de corte e demais condutas de manejo. Para Andrade *et al.* (2000), este capim apresentou aumento nos teores de matéria seca em função do aumento das doses de nitrogênio aplicada e da diminuição da frequência de corte, mostrando ser um material potencial para a produção de biomassa, assim ele concluiu que, com menor número de cortes ao ano a produção de matéria seca aumenta. Andrade, *et al.* (2000) obtiveram uma produção de 49,48 t.ha⁻¹ com um intervalo de corte de 6 meses no estado de São Paulo.

Rossi (2010) afirma que, elevadas produções também foram encontradas para o genótipo Guacu I/Z2, produzindo acima de 50 t.ha⁻¹. Em seu trabalho) obteve produção média de matéria seca de 51,57 t.ha⁻¹. Em um estudo realizado por Martello *et al.* (2000), avaliando a influência da adubação nitrogenada para a produção de biomassa seca de capim-elefante cv. Guaçu observaram o aumento da extração de “N” por essa cultura em função do aumento das doses de nitrogênio aplicadas, atingindo na dose de 240 kg.ha⁻¹ uma extração equivalente acima de 300

kg.ha⁻¹ de “N” com uma produção de biomassa seca cerca de 25 Mg.ha⁻¹ (Flores, 2009).

Dessa forma, constatou-se grande potencial para o genótipo G5, pois com o dobro das quantidades de hectares plantados, em relação a somente um hectare do genótipo G4 (60,97 t MS.ha⁻¹), a produtividade ótima do genótipo G5 passaria de 44,10 t MS.ha⁻¹ para 88,20 t MS.ha⁻². Com isso, obter-se-ia uma proporção de 30,87% a mais do que o genótipo G4 plantado em somente um hectare, ou seja, 27,23 t.ha⁻¹ a mais que o G4.

O genótipo Roxo Botucatu (G6) obteve o pior resultado em termos de produtividade 28,85 t.ha⁻¹. Observou-se que o valor da TIR foi de 10,58%, ou seja, o o segundo pior resultado, só ficando atrás do genótipo G2, com uma TIR de 9,95%, ou seja, uma diferença de apenas 0,63% em relação ao pior valor. Seu VPL apresentou o pior resultado em relação a todos os genótipos utilizados, inviabilizando também a utilização de tal genótipo para fins de produção de energia mediante a utilização de sua biomassa. Rossi (2010) obteve uma produção média de matéria seca de 30,23 t.ha⁻¹ em seu trabalho.

Santos *et al.* (2001), avaliando a composição química do capim-elefante cv. Roxo, encontraram %MS média de 19,7% e 17,4% no período seco e chuvoso, respectivamente, enquanto que no trabalho de Rossi (2010) foi encontrado para a mesma cultivar uma média de 30,46%. Os teores de matéria seca observados, comparados com os resultados encontrados por Santos *et al.* (2001), e Souza Sobrinho *et al.* (2005), confirmam que há um incremento de matéria seca quando se aumenta o intervalo de corte (Rossi, 2010).

Dessa forma, observa-se que o genótipo mais promissor em termos de viabilidade econômica para fins energéticos, devido a seu potencial de produção de matéria seca em toneladas por hectare, foi o genótipo Guaçu I/Z2, seguido dos genótipos Cameroon Piracicaba e Cubano Pinda respectivamente.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

O genótipo que obteve o melhor desempenho foi o Cameroon Piracicaba (G4), com um VPL de maior rentabilidade, tanto a 6% quanto a 10%. Esse genótipo apresentou melhor TIR, de cerca de 24,98%. O genótipo que apresentou o segundo melhor desempenho em termos de VPL e de TIR foi o Guaçu I/Z2 (G5). Cabe ressaltar, entretanto, que o genótipo Guaçu I/Z2 (G5), em termos de adubação, obteve 44,10 toneladas de matéria seca por hectare, que corresponde a 72,33% da produtividade do genótipo G4.

Assim, para fins de produtividade, seria mais vantajoso, plantar mais hectares do genótipo G5, que em termos de produtividade seria mais viável. O genótipo Cubano Pinda (G1), obteve o terceiro melhor resultado na VPL e na TIR de 22,01%.

Observa-se que, em face dos outros genótipos, os genótipos Roxo Botucatu (G6) e Mercker Pinda (G2) obtiveram o pior desempenho em termos de TIR e VPL. Tal desempenho precário em termos de seu aproveitamento para fins energéticos se deve especificamente a dois fatores: 1º a quantidade de adubação ótima foi muito alta ou dispendiosa em termos de custos, se comparada aos outros genótipos, e 2º, mesmo com adubação alta, eles tiveram pouquíssimo desempenho tanto em termos de produtividade de matéria seca em tonelada por hectare, bem como em termos de VPL e TIR, tornando-os inviáveis para fins energéticos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, J. B. de, Ferrari Junior, E., Beisman, D. A. (2000) Avaliação do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) visando o carvoejamento. In: Encontro de Energia no Meio Rural, n.3, Annais, Campinas, SP.

AGROSOFT BRASIL. Capim-elefante, novo campeão em biomassa no Brasil. Agência Envolverde. 2008. Disponível em: <http://www.agrosoft.org.br/pdf.php/?node=26484> e em: <http://www.agrosoft.org.br/agropag/26484.htm> . Acesso em: 17/11/2008.

ALMEIDA, L. A. S. B., VIEIRA, M. C., GASPARINO FILHO, J., MORETTI, V. A, BICUDO NETO, L. C. Factibilidade econômica sob condições de riscos: análise de moinhos de milho para suplementação de farinha de trigo. Revista de Economia e Sociologia Rural, 1985, n.02, artigo 03.

BARBÉ, Tatiane da Costa. Variação de Caracteres Morfoagronômicos, Fisiológicos e da Qualidade da Biomassa Energética do Capim-elefante (*Pennisetum Purpureum* Schum.) em Função da Idade da Planta. Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes – RJ.

BOGDAN, A. V. Tropical Pastures and Fooder Plants. London: Longman, 1977. 475 p.

BOTREL, M.A., ALVIM, J.M., MARTINS, C.E. Avaliação e seleção de cultivares de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) para pastejo. R. Soc. Bras. Zootec.,23(5):755. 1994.

BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. & SIQUEIRA, J.O. Análise de risco na avaliação de projetos de investimento: uma aplicação do Método de Monte Carlo. São Paulo, 1998. Disponível em: <http://www.infinitaweb.com.br/albruni/academicos/bruni9802.pdf>. Acesso em: 20/08/2009.

BRUNKEN, J. N. Asystematic study of *Pennisetum* Sect. *Pennisetum* (Gramineae). American journal of Botany, New York, v. 64, n.2, p. 161-176, 1977.

CARVALHO, Daniel Fonseca de. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Funções de Produção na Agricultura Irrigada. Instituto de Tecnologia - Departamento De Engenharia – Seropédica, RJ, 2011. Disponível em: <http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/daniel>. Acesso em: 27/10/2011.

CASAROTTO FILHO, Nelson; KOPITKE, Bruno Hartmut. Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial. 7.ed. São Paulo: Atlas, 1996.

CLEVELAND, C. J. The direct and indirect use of fossil fuels and electricity in USA agriculture 1910-1990. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.55, p.111-121, 1995.

CORSI, M. Estudo da produtividade e valor nutritivo do capim-elefante *Pennisetum purpureum* Schum, variedade Napier, submetido a diferentes frequências e alturas de corte. Piracicaba, ESALQ, 1972, 239p. Tese de Doutorado.

CORREA, M.P.. Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. Rio de Janeiro, 1926, Imprensa Nacional, v.1., p.552-4.

DAHER, R.F., VÁZQUEZ, H.M., PEREIRA, A.V., FERNANDES, A.M. Introdução e avaliação de clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) em Campos dos Goytacazes, RJ. *Rev. bras. zootec.* 29 (5):1296-1301, 2002.

DAHER, R.F.; MORAES, C.F.; CRUZ, C.D.; PEREIRA, A.V.; XAVIER, D.F. Diversidade morfológica e isozimática em capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.26, p.255-64, 1997a.

DAHER, R.F.; MORAES, C.F.; CRUZ, C.D.; PEREIRA, A.V.; XAVIER, D.F. Seleção de caracteres morfológicos discriminantes em capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.26, p.265-70, 1997b.

DAHER, R.F.; PEREIRA, M.G.; AMARAL JR., A.T.; PEREIRA, A.V.; LÉDO, F.J.S.; DAROS, M. Estabilidade da produção forrageira em clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Ciência e Agrotecnologia*, v.27, n.4, p.788-797. 2003.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite, Coronel Pacheco, MG. *Pennisetum purpureum*, Schumacher; revisão, por Limírio de Almeida Carvalho. Coronel Pacheco, MG, 1985. p. il. (EMBRAPA – CNPGL. Boletim de Pesquisa, 10). 1. *Pennisetum purpureum* - Revisão Bibliográfica. I. Carvalho, Limírio de Almeida, colab. II. Título. III. Série. CDD – 633.2

FARIA, V. P. de. Formas de uso do capim-elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE CAMPIM-ELEFANTE, 2., 1994, Coronel Pacheco. *Anais...Coronel Pacheco*, MG: EMBRAPA/CNPGL, 1994. P. 139-148.

FERNANDES, M. C. Avaliação técnico-econômica da gaseificação do capim-elefante para eletrificação rural. 2000.77p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

FINNERTY, John D. – “Project Finance: Engenharia Financeira Baseada em Ativos”. Rio de Janeiro: Qualitmark, 1999.

FLORES, Rilner Alves. Produção de capim-elefante (*Pennisetum Purpureum* Schum.) para fins energéticos no cerrado: resposta a adubação Nitrogenada e idade de corte. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro Instituto de Agronomia Curso de Pós-Graduação em Agronomia Ciência do Solo, Seropédica, RJ, 2009.

FRIZZONE, J.A. Planejamento otimizado da irrigação. In: D. NETTO, D.; SAAD, A. M.; Van LIER, Q. J. Curso de agricultura irrigada. Piracicaba: Dep. de Agricultura, ESALQ, 1991. p. 1-26.

FRIZZONE, J.A., Função de resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) ao uso de nitrogênio e lâminas de irrigação. 1986, 133 p., Piracicaba-SP: ESALQ. (Tese D.S. em Solos e nutrição de plantas).

JACQUES, A.V.A. Fisiologia do crescimento do capim-elefante. In: Carvalho, L. de A.; carvalho. M.M.; Martins, C.E.; Vilela, D. eds. Simpósio sobre capim-elefante. Anais. Coronel Pacheco: Embrapa-CNPGL, 1990.

JAUHAR, P. P. Cytogenetics and breeding of pearl millet and related species. Alan R. Liss, New York Kalyane VL, Chatterji AK, 1981.

JORNAL DE SÃO DESIDÉRIO Ano I - São Desidério comemora 48 anos. Edição Zero - Distribuição Gratuita, São Desidério - Bahia, Fevereiro de 2010. Disponível em: http://www.saodesiderio.ba.gov.br/jornal_cidadao/00-2010.pdf. Acesso em: 22/08/2012.

LAEGREID, M.; BOCKMAN, O. C.; KAARSTAD, O. Agriculture, fertilizers and the environment. (Wallingford: CABI), 1999.

LAPPONI, J.C. Projetos de investimento: construção e avaliação do fluxo de caixa: modelos em Excel. São Paulo: Laponi Treinamento e Editora, 2000. 376p.

LAREDO, M.A.; MINSON, D.J. The voluntary intake, digestibility and retention time by sheep leaf and stem fractions of five grasses. Australian Journal of Agricultural Research, v.24 p.875-888, 1973.

LIMA, E. S.; SILVA, José Fernando Coelho da; MALDONADO, H. V.; ARAUJO, S. A.C.; LISTA, F.N. ; CARNEIRO, R.F.V. ; ROCHA, T.C. ; RUIVO, S. C. ; DEMINICIS, B. B. ; COSTA, D. P. B. Composição e digestibilidade in vitro de genótipos de capim-elefante aos 56 dias de rebrota. Arquivos de Zootecnia, v. 57, p. 279-282, 2008.

LIMA, Eurico Cavalcanti Pincovsky de; VIANA, Joana Coelho; LEVINO, Natallya de Almeida; MOTA, Caroline Maria de Miranda. Simulação de Monte Carlo Auxiliando a Análise de Viabilidade Econômica de Projetos. IV Congresso Nacional de Excelência em Gestão Responsabilidade Socioambiental das Organizações Brasileiras. Niterói, RJ. Ago/2008.

LOPES, Bruna Adese. O Capim-elefante. Seminário apresentado à disciplina - ZOO 645 (Métodos nutricionais e alimentação de ruminantes). Universidade Federal de Viçosa Centro de Ciências Agrárias Departamento de Zootecnia. Viçosa, Maio de 2004. Disponível em: <http://www.forragicultura.com.br/arquivos/capimelefanteBruna.pdf>. Acesso em: 27/07/2008.

LOPES, Marcus Vinicius França. Análise Multicriterial da Viabilidade Agronômica de Produção da Gramínea Capim-elefante, *Pennisetum Purpureum*, no Município de Campos dos Goitacazes, RJ, para Fins Energéticos. Programa de Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Cândido Mendes. Campos – RJ, 2008.

LOWE, A.J., HANSON, J.; TEALE, A. Molecular Characterization of Napier Grass (*Pennisetum purpureum*) Using Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) Markers. African Feed Resources Network Newsletter. 6:4-8. 1996.

LYRA, Guilherme Bastos. Estimativa dos Níveis Ótimos Econômicos de Irrigação e de Adubação Nitrogenada nos Mamoeiros (*Carica Papaya* L.) Cultivar Golden e do Híbrido UENF Caliman 01. Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF Centro de Ciências

e Tecnologia Agropecuária – CCTA Pós-Graduação Em Produção Vegetal Laboratório de Engenharia Agrícola – LEAG, Campos dos Goytacazes - RJ. 2007. Disponível em: http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetailheObraForm.do?select_action=&co_obra=87932. Acesso em: 31/03/2009.

MALDONADO, J.A. El pasto elefante o grama elefante *Pennisetum purpureum* (Schum). Revista Industrial y Agrícola de Tucuman, Tucuman, v. 39, n. 1-9, p. 22-29, 1955.

MARTELLO, V. P.; WERNER, J. C.; COLOZZA, M. T.; LEITE, V. B. de O.; NARCISIO SOBRINHO, J. Doses de nitrogênio para maximização da produção de capim-elefante cv. Guaçu no período das secas. Boletim de Indústria Animal. v.57, n.2, p.151-161, 2000.

MARTINS, D. P. Resposta do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims var. *flavicarpa* Deg.) a lâminas de irrigação e doses de nitrogênio e potássio. 1998, 84 p. Campos dos Goytacazes: UENF. (Tese D.S.).

MAZZARELA, V. (Producer). (2007). Capim-elefante como fonte de energia no Brasil: realidade atual e expectativas. INEE - Instituto Nacional de Eficiência Energética. Retrieved from http://www.inee.org.br/down_loads/eventos/0945VicenteMazzarela IPT.ppt. Acesso em: 01/11/2012.

MAZZARELLA, Vicente, N.G... Jornada Madeira Energética Capim-elefante com Fonte de Energia no Brasil: Realidade Atual e Expectativas. IPT-BNDS - Rio de Janeiro, maio de 2007. P.Point.

MORAIS, R. F. Potencial produtivo e eficiência da fixação biológica de nitrogênio de cinco genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.), para uso como fonte alternativa de energia. Tese de Mestrado, UFRRJ, 2008, 87p.

MORAIS, R. F.; SOUZA, B. J. de; LEITE, J. M.; SOARES, L. H. de B.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. (2009). Elephant Grass genotypes for bioenergy production by direct biomass combustion. *Pesq Agropec. Bras.* V. 44, n. 2, p.133-140.

MOSS, D.N. Some aspects of microclimatology important in forage plant physiology. In: Forage plant physiology an soil relationships. ASA Special publications Madison-Winsconsin, 1964.

NORONHA, J. F. Projetos Agropecuários: Administração Financeira, Orçamentária e Viabilidade Econômica. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1987.

OLIVEIRA, Érik da Silva. Uma abordagem da pesquisa operacional aplicada à gestão de Materiais e a Logística: contribuição para o ensino do Modelo de Programação Linear em Dois Níveis. Campos dos Goytacazes, RJ: UNIOESTE, 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – LEPROD – Laboratório de Engenharia da Produção – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes.

OLIVEIRA, Érik da Silva; MORALES, Gudelia. Algoritmo identificador de vértices viáveis para solução do PLDN. Revista Eletrônica Produção & Engenharia, v.1, p.13-26, 2008.

OLIVEIRA, Érik da Silva; DAHER, Rogério Figueiredo; TUNES, Eduardo Nasra; SOARES, Rita T. R. N. GONÇALVES, Ana Cláudia S.; GRAVINA, Geraldo do Amaral. Potencial de germinação de estacas e avaliação de características morfoagronômicas em seis cultivares

de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) para fins energéticos em Campos dos Goytacazes, RJ.. *Natureza On Line* (Espírito Santo), v.10, p. 39-45, 2012.

OLIVARES GÓMEZ, E. Estudo da pirólise rápida de capim-elefante em leito fluidizado borbulhante mediante caracterização dos finos de carvão. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. 412p. (Tese de Doutorado). 2002.

OSAVA, Mario. Capim-elefante, novo campeão em biomassa no Brasil. 2007. Disponível em: <http://www.udop.com.br/index.php?cod=78326&item=noticias> e em: <http://www.mwgloab.com.org/ipsbrasil.net/nota.php?idnews=3292> . Acesso em: 15/10/2008.

OTERO, J. R. Informações sobre algumas plantas forrageiras. 2.ed. Rio de Janeiro: SIA, 1961. 334p.

PEREIRA, A. V. Escolha de variedades de capim-elefante. In: Peixoto, A. M.; Moura, J. C.; Faria, V.P. ed. Simpósio sobre manejo de pastagem. 10. Anais. Piracicaba. 1992. p. 45-62.

PEREIRA, A. V. Escolha da variedade de capim-elefante, In: Simpósio Sobre Manejo de Pastagem, Piracicaba, Anais, Piracicaba: FEALQ p.47-62, 1994.

PEREIRA, A. V.; VALLE. C. B.; FERREIRA, R. P.; MILLES, J. W. Melhoramento de forrageiras tropicais. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. Recursos genéticos e melhoramento. Rondonópolis: Fundação Mato Grosso, 2001. P. 549-602.

PEREIRA, Aloísio Rodrigues. Como Selecionar Plantas para Áreas Degradadas e Controle de Erosão. 2006. Disponível em: <http://www.deflor.com.br/portugues/pdf/LivroSEAD.pdf>. Acesso em: 16/11/2008.

PIMENTEL, D.; PATZEK, T. Ethanol production using corn, switchgrass, and wood;biodiesel production using soybean and sunflower. *Natural Resources Research*, v. 14, n. 1, 2005.

PONCIANO N.J., SOUZA P.M., MATA H.T.C., VIEIRA J.R. e MORGADO I.F. Análise de Viabilidade Econômica e de Risco da Fruticultura na Região Norte Fluminense. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Brasília - DF, v. 42, n. 4, p. 615-635, 2004.

PONCIANO, N.J., CONSTANTINO, C.O.R., SOUZA, P.M., DETMANN, E. Avaliação econômica da produção de abacaxi (*Ananas cosmosus* L.) cultivar perola na região Norte Fluminense. *Caatinga*, Mossoró - RN, v.19, n.1, p.82-91, 2006.

PORTAL AGRONOMIA. Capim-elefante Carajás (Ex. Paraíso) na Geração de Energia. 2009. Disponível em: http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_capim_elefante_paraíso_geracao_energia.htm. Acesso em: 13/10/2011.

QUESADA, D. M. Seleção de Genótipos de Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* schum.) para Alta Produção de Biomassa e Eficiência da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN). Seropédica, RJ. Dissertação de Mestrado, 2001,140p.

QUESADA, Diego Mureb. Parâmetros Quantitativos e Qualitativos de Diferentes Genótipos de Capim-elefante com Potencial para Uso Energético. Universidade Federal do Rio de

Janeiro – Instituto de Agronomia - Curso de Pós-Graduação em Agronomia e Ciência do Solo. Tese de Doutorado, 2005.

REVISTA FATOR BRASIL. DEDINI assina contrato de termoeletrônica movida à capim-elefante. 2006. Disponível em: http://www.revistafatorbrasil.com.br/ver_noticia.php?not=14691. Acesso em: 06/10/2008.

ROCHA, Décio. Energia limpa - capim-elefante pode substituir o carvão mineral. Revista Eletrônica Ambiente em Foco – EMBRAPA AGROBIOLOGIA. 2007. Disponível em: <http://www.ambienteemfoco.com.br/?p=3656>. Acesso em: 17/11/2008.

RODRIGUES, L. R. de A.; PEDREIRA, J. V. S.; MATTOS H. B. de. Adaptação ecológica de algumas plantas forrageiras. Zootecnia, Nova Odessa, v.13, n.4, 1975, p.201-218.

RODRIGUES, L.R.A, MONTEIRO, F.A. RODRIGUES, T.J.D. Capim-elefante. In: PEIXOTO, A.M., PEDREIRA, C.G.S, MOURA, J.V. FARIA, V.P. Simpósio sobre manejo de pastagens, 17, Piracicaba, 2001. 2ª ed. Anais...Piracicaba: FEALQ, 2001, p.203-224.

ROSSI, Driele Aparecida. Avaliação morfoagronômica e da qualidade de biomassa de acessos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) para fins energéticos no Norte Fluminense. 57f., il. Mestrado - Produção Vegetal, Campos dos Goytacazes, 2010.

SALLES, A.C.N. Metodologias de análise de risco para avaliação financeira de projetos de geração eólica. Mestrado - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://www.ppe.ufri.br/ppe/production/tesis/acnsalles.pdf> . Acesso em 20/08/2009.

SANTOS, E. A. dos; Silva, D. S. da; Queiroz Filho, J. L. de (2001) Composição Química do Capim-Elefante cv. Roxo Cortado em Diferentes Alturas. *Rev. bras. zootec.*, v. 30, n.1, p.18-23.

SCHEMER, M. R.; VOGEL, K. P.; MITCHELL, R. B.; PERRIN, R. K. Net energy of cellulosic ethanol from switch grass. *PNAS*, v.105, n.2, p. 464-469, 2008.

SILVA, Wilson Araújo da. Modelagem matemática aplicada no planejamento da agricultura irrigada, utilizando informações georreferenciadas. 2007. xi, 98 f. : il. Tese (doutorado)- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia.

SOUZA SOBRINHO, F. de; Pereira, A. V.; Ledo, F. J. da S.; Botrel, M. A., Oliveira, J.S., Xavier, D. F. (2005) Avaliação agrônômica de híbridos interespecíficos entre capim-elefante e mileto *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.40, n.9, p.873-880.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo; Fisiologia Vegetal. Trad. Eliane Romanato Santarém ... [et al]. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

TCACENCO, F.A.; BOTREL, M. de A. Identificação e avaliação de acessos e cultivares de capim-elefante. In.: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F.; CARVALHO, L. de A. (Ed.) Capim-elefante: Produção e utilização. Coronel Pacheco: EMBRAPA, CNPGL, 1994. p.1-30.

TIMBÓ, Ana Luíza de Oliveira. Obtenção de Protoplastos de Híbridos Triplóides entre Capim-elefante e Milheto. Universidade Federal de Lavras: UFLA, 2007. 44p. Disponível em:

http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=82222 . Acesso em: 14/11/2008.

TUNES, Eduardo Nasra. Potencial de Germinação de Estacas e Avaliação de Características Morfoagronômicas em Seis Cultivares de Capim-elefante (*Pennisetum Purpureum* Schum.) Para Fins Energéticos em Campos Dos Goytacazes, RJ. Universidade Estadual Do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias – CCTA, Campos dos Goytacazes – RJ, 2011.

URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Produção de Biocombustíveis: A Questão do Balanço Energético. *Revista de Política Agrícola*, v.5, p.42-46, 2005.

URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Capim-elefante: Uma Fonte Alternativa Promissora para a Produção de Energia. 2006. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/Capimelefante. Acesso em: 28/09/2011.

VILELA, Herbert. Série Gramíneas Tropicais - Gênero *Pennisetum* (*Pennisetum purpureum* – Capim) *Agronomia: O Portal da Ciência e Tecnologia*. 2007. Disponível em: http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_gramineas_tropicais_pennisetum_purpureum.htm. Acesso em: 02/09/2008.

YOUNGNER, V.B. Physiology of defoliation and regrowth. In: YOUNGNER, V.B., MICKELL, C.M. (Eds.) *The biology and utilization of grasses*. London: Academic Press. p.292-304, 1972.

XAVIER, D.F.; BOTREL, M.A.; DAHER, R. F.; GOMES, F.T.; PEREIRA, A.V. Caracterização Morfológica e Agronômica de Algumas Cultivares de Capim-elefante EMBRAPA-CNPGL. Documentos, n. 60. 24p. 1995.

6. ANEXOS

1.1. Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR)

O Valor Presente Líquido (VPL) consiste em transferir para o instante atual todas as variações de caixas esperadas, e descontá-las a uma determinada taxa de juros e somá-las algebricamente (Noronha, 1987; Lapponi, 2000; Salles (2004, *apud* Lima, *et al*, 2008):

$$VPL = \sum_{j=1}^J \left[\frac{FC_1}{(1+i)^1} + \frac{FC_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FC_j}{(1+i)^j} \right] - \sum_{j=0}^n \frac{I_j}{(1+i)^j}$$

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{R_j - C_j}{(1+i)^j} - \sum_{j=0}^n \frac{I_j}{(1+i)^j}$$

Onde:

FC_j : Fluxo de Caixa das Receitas (R_j) subtraído dos Custos e Despesas (C_j);

VPL : Valor Presente Líquido;

I : Investimento de capital na data zero (sendo negativo por ser um dispêndio);

R_j : Receita na data (j) do fluxo de caixa;

C_j : Custos e Despesas na data (j) do fluxo de caixa;

j : Prazo de análise do projeto;

i : Taxa mínima ou custo de capital para realização do investimento.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é uma taxa de desconto do investimento que anula o Valor Presente Líquido (VPL) do fluxo de caixa. É aquela que torna o valor presente dos lucros futuros equivalentes aos dos gastos realizados com o projeto, caracterizando, assim, a taxa de remuneração do capital investido (Lapponi, 2000):

$$0 = \sum_{j=0}^n \frac{R_j - C_j}{(1+TIR)^j} - \sum_{j=0}^n \frac{I_j}{(1+TIR)^j}$$