

EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E FOSFATADA NA
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE
PARA USO ENERGÉTICO E VIABILIDADE ECONÔMICA DE RISCO

JOSÉ AUGUSTO DE ALMEIDA SANT'ANA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY
RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

SETEMBRO - 2013

EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E FOSFATADA NA
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE
PARA USO ENERGÉTICO E VIABILIDADE ECONÔMICA DE RISCO

JOSÉ AUGUSTO DE ALMEIDA SANT'ANA

“Tese apresentada ao centro de Ciências de
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

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
SETEMBRO – 2013

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do **CCTA / UENF** 113/2013

Sant'Ana, José Augusto de Almeida

Efeito da adubação nitrogenada e fosfatada na composição química de genótipos de capim-elefante para uso energético e viabilidade econômica de risco / José Augusto de Almeida Sant'Ana. – 2013.

94 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, 2013.

Bibliografia: f. 74 – 82.

1. *Pennisetum purpureum* 2. Fibras em detergente neutro 3. Fibras em detergente ácido 4. Valor presente líquido 5. Taxa interna de retorno 6. Simulação de Monte Carlo I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. II. Título.

CDD – 633.2

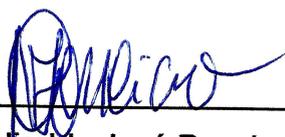
**EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E FOSFATADA NA
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE
PARA USO ENERGÉTICO E VIABILIDADE ECONÔMICA DE RISCO**

JOSÉ AUGUSTO DE ALMEIDA SANT'ANA

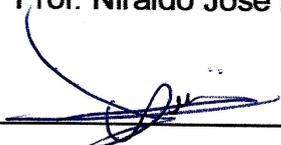
Tese apresentada ao centro de Ciências de
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Produção Vegetal.

Aprovada em 12 de setembro de 2013

Comissão examinadora:



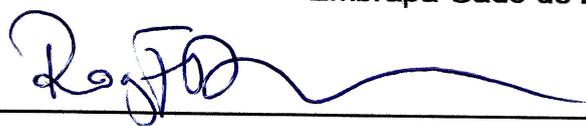
Prof. Niraldo José Ponciano (D.Sc. em Economia Aplicada) - UENF



Prof. Alexandre Pio Viana (D.Sc. em Produção Vegetal) - UENF



Francisco José da Silva Léo (D.Sc. em Genética e Melhoramento) -
Embrapa Gado de Leite



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

Dedico esta vitória inicialmente a Deus, e depois à minha esposa Rosângela, aos meus filhos Davi e Lucas, pela compreensão, companheirismo e incentivo, sempre dedicados com muita graça e amor.

“Deleita-te também no Senhor, e te concederá os desejos do teu coração.

Entrega o teu caminho ao Senhor; confia nele, e ele o fará.” Salmos 37:4-5

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus por todas as coisas;

À minha esposa e filhos, que sempre me apoiaram em todas as minhas decisões e aprendizado;

Aos meus amigos e colegas pelo companheirismo, incentivo, paciência e apoio sempre;

Ao Instituto Federal do Espírito Santo e a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro pelo ensino gratuito e de qualidade;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), pelo auxílio parcial ao desenvolvimento deste trabalho;

Ao professor Rogério Figueiredo Daher pela orientação, paciência, compreensão e conselhos;

Ao professor Niraldo José Ponciano pela coorientação, paciência, compreensão e conselhos;

Aos professores membros da banca examinadora pelos ensinamentos, sugestões, atenção e dedicação a este trabalho;

Aos colegas do DINTER que sempre me apoiaram e estimularam nos momentos mais difíceis;

Aos colegas professores, funcionários administrativos e técnicos do Instituto Federal do Espírito Santo que não mediram esforços para me ajudar;

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivo geral.....	2
1.2. Objetivo específico.....	2
2. REVISÃO DE LITERATURA	
2.1. Situação Energética no estado do Espírito Santo.....	4
2.2. Biomassa Vegetal como Fonte de Energia.....	6
2.3. O Capim-elefante.....	8
2.4. O Capim-elefante e o nitrogênio.....	9
2.5. O Capim-elefante e o fósforo.....	10
2.6. O Capim-elefante e as Fibras.....	12
2.7. Viabilidade Econômica.....	15
3. TRABALHOS.....	18
TRABALHO I - Efeito da adubação nitrogenada e fosfatada na composição química de genótipos de capim-elefante para uso energético.....	18
RESUMO	18
ABSTRACT	19
1. INTRODUÇÃO	20
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
2.1. Localização e características climáticas da região.....	21

2.2. Solo.....	21
2.3. Delineamento experimental.....	22
2.4. Procedimentos para obtenção de características das frações químicas da biomassa.....	23
2.5. Análises estatísticas.....	23
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
3.1. Análises estatísticas.....	25
3.1.1. Análise de variância.....	25
3.1.2. Comparações múltiplas e análise de regressão.....	26
3.1.2.1.Fibra em Detergente Neutro (FDN).....	26
3.1.2.2.Fibra em Detergente Ácido (FDA).....	32
3.1.2.3.Lignina (LIG).....	32
3.1.2.4.Celulose (CEL).....	36
3.1.2.5.Hemicelulose (HEM).....	39
3.1.2.6.Cinzas (CIN).....	42
3.1.2.7.Proteína Bruta (PB).....	42
3.1.2.8.Relação FDN/PB.....	45
3.1.2.9.Relação LIG/FDN.....	47
3.1.2.10.Relação CEL/FDN.....	49
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES	49
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
TRABALHO II - Viabilidade econômica de risco visando combustão direta em três genótipos de capim-elefante em Alegre-ES.....	57
RESUMO	57
ABSTRACT	58
1. INTRODUÇÃO	58
2. MATERIAL E MÉTODOS	60
2.1. Localização e características edafoclimáticas da região.....	60
2.2. Delineamento experimental.....	60
2.3. Análise de viabilidade econômica.....	61
2.3.1. Valor presente líquido (VPL) e Taxa interna de retorno (TIR).....	62
2.3.2. Índice de rentabilidade (IR).....	63
2.3.3. Análise de sensibilidade.....	63

2.3.4. Técnicas de simulação.....	64
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
4. CONCLUSÃO	69
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
4. RESUMO E CONCLUSÕES	72
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74

RESUMO

SANT'ANA, JOSÉ AUGUSTO DE ALMEIDA; D.SC.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Setembro de 2013. Efeito da adubação nitrogenada e fosfatada na composição química de genótipos de capim-elefante para uso energético e viabilidade econômica de risco, Orientador: Prof. Rogério Figueiredo Daher.

A busca por fontes alternativas não fósseis tem sido incentivada. A substituição por novas fontes renováveis, como solar, eólica e biomassa constitui um desafio. Neste contexto, o capim-elefante, uma poácea de origem africana, que é capaz de se adaptar às condições edafoclimáticas de quase toda extensão territorial brasileira, vem se destacando com sucesso na produção de biomassa para fins energéticos. A qualidade da biomassa é um fator importante a ser avaliado quando se utiliza mesmo para combustão direta. Há necessidade de se entender melhor a causa e o efeito que levam a uma qualidade de biomassa para geração de energia. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da adubação nitrogenada (0, 500, 1000, 1500 e 2000 Kg ha⁻¹) e fosfatada (50, 100, 200 e 400 Kg ha⁻¹) sobre a composição química da biomassa de capim-elefante para uso energético. Foram avaliados os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, celulose, hemicelulose, cinzas e proteína bruta, em três genótipos de capim-elefante (Guaçu/IZ.2, Cameroon e Capim Cana d'África). Os valores dos teores de FDN, FDA, celulose, lignina e relação LIG/FDN que variaram de 75,40 a 77,79%, 47,80 a 50,07%, 36,72 a 37,98%, 9,11 a

10,12% e 11,98 a 13,22% respectivamente. Conclui-se que a biomassa de capim- elefante possui qualidades adequadas para o uso em combustão direta independente da dose de adubação de nitrogênio e fósforo utilizados. O genótipo Cameroon foi o que melhor se adaptou às condições edafoclimáticas do experimento, e mostrou ser o mais promissor para fins energéticos na região. Para viabilidade econômica visando à eficiência energética, os indicadores econômicos foram obtidos por meio do cálculo do Valor Presente Líquido (VPL), da Taxa Interna de Retorno (TIR) e do Índice de Rentabilidade (IR). Para determinar o grau de incerteza utilizou-se análise de sensibilidade. Os resultados indicaram viabilidade para todos os genótipos, com destaque para o Guaçu/IZ.2 com TIR de 17,79%. A variação do preço de venda do capim gera maior impacto na rentabilidade, seguido do custo da mão-de-obra e da adubação. O risco de insucesso foi relativamente baixo, com exceção do Capim Cana D'África 38,16%. Destacou-se entre os genótipos analisados, o genótipo Guaçu/IZ.2 como o de melhor viabilidade econômica.

Palavras Chave: *Pennisetum purpureum* Schum., fibras em detergente neutro, fibras em detergente ácido, valor presente líquido, taxa interna de retorno, simulação de Monte Carlo.

ABSTRACT

SANT'ANA, JOSÉ AUGUSTO DE ALMEIDA, D.Sc., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. September 2013. Effect of nitrogen and phosphorus fertilization on the chemical composition of elephant grass genotypes for energy use and economic feasibility of risk

Adviser: Rogério Figueiredo Daher.

The search for alternative non-fossil sources has been encouraged. Replacement with new renewable sources such as solar, wind and biomass is a challenge. In this context, the elephant grass, a grass of African origin, which is able to adapt to the environmental conditions of almost all Brazilian territory, has stood out successfully in the production of biomass for energy purposes. The quality of biomass is an important factor to be evaluated when using it for direct combustion. There is need to better understand the cause and effect relationships that lead to a quality of biomass for power generation. The aim of this study was to evaluate the effects of nitrogen fertilization (0, 500, 1000, 1500 and 2000 kg ha⁻¹) and phosphate (50, 100, 200 and 400 kg ha⁻¹) on the chemical composition of the biomass of grass elephant for energy use. The contents of neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin, cellulose, hemicellulose, ash and crude protein in three cultivars of elephant grass (Guaçu/IZ.2, Cameroon and Grass Cana d'Africa) were evaluated. The values of NDF, ADF, cellulose, lignin and LIG / NDF ranging from 75.40 to 77.79%, from 47.80 to 50.07%, from 36.72 to 37.98%, 9.11 % to 10.12 and 11.98 to 13.22% respectively. It was concluded that the

biomass of elephant grass has qualities suitable for use in direct combustion independent of the dose of fertilizer nitrogen and phosphorus used. Genotype Cameroon was the best adapted to soil and climatic conditions of the experiment, and proved to be the most promising for energy in the region. For economic feasibility aimed at energy efficiency, economic indicators were obtained by calculating the Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR) and Profitability Index (RI). In determining the uncertainty was used sensitivity analysis. The results indicated viability for all genotypes, highlighting the Guaçu/IZ.2 with IRR of 17.79 %. The variation of the sales price of the grass generates greater impact on profitability, followed by the cost of hand labor and fertilizer. The risk of failure was relatively low, with the exception of grass Cana D' Africa 38.16%. As a highlight, the best economic viability occurred for Guaçu/IZ.2 genotype.

Keywords: *Pennisetum purpureum* Schum., Neutral detergent fiber, acid detergent fiber, net present value , internal rate of return , the Monte Carlo simulation

1. INTRODUÇÃO

O consumo de energia no mundo cresceu muito a partir do momento que o homem passou a gerenciá-la. A grande demanda ocorre em função das necessidades que tem o homem de buscar uma maneira saudável para viver. Basicamente, a felicidade do homem está na sua forma confortável que busca viver. No principio o homem não mediu esforços para atingir seus propósitos. Hoje, porém, a comunidade científica tem notificado ao mundo acerca da necessidade do uso sustentável da energia. Muitas fontes de energia exploradas pelo homem não são renováveis e já se encontram dentro dos seus limites finitos. A utilização indiscriminada, descontrolada e insustentável de fontes finitas de energia tem colocado o sistema mundial de energia em estado de alerta.

Segundo Quesada (2004), a produção de energia na forma alternativa de biomassa vegetal representa hoje um grande desafio para a ciência. Os combustíveis fósseis e seus derivados ocasionam consequências desastrosas para o planeta, pois são fontes finitas de energia, e além do mais, aceleram o efeito estufa que tem ameaçado o equilíbrio climático do planeta.

O Brasil, em relação ao planeta, tem saído na frente quanto ao uso de energia limpa. Incorporado à matriz energética brasileira, há cerca 30 anos, verifica-se a presença do bem-sucedido programa de álcool combustível extraído da cana de açúcar.

A mudança de atitude no consumo de energia tende a desacelerar o consumo de recursos naturais, reduzindo os impactos ambientais relacionados ao desenvolvimento rural e urbano que geram gases que produzem o efeito estufa. A

utilização da biomassa é uma alternativa para que esta mudança venha a ser concretizada (Embrapa Agroenergia, 2008).

O capim-elefante está credenciado como opção viável de biomassa para geração de energia renovável. Segundo Quesada et al. (2004), o capim elefante realmente possui características para ser utilizado na produção de energia renovável, faltando apenas ajustes tecnológicos para que o isto ocorra.

O capim-elefante é uma poácea que tem despertado interesse por parte de pesquisadores em relação às suas necessidades de nutrientes minerais nitrogênio e fósforo. Entre os macros nutrientes, o fósforo no aspecto quantitativo é o menos exigido pela planta. No entanto, é o nutriente mais usado em adubação no Brasil, devido à sua carência generalizada de fósforo nos solos brasileiros. O fósforo tem função de destaque no metabolismo da planta. Já o nitrogênio é indispensável, pois a inadequada nutrição por parte do nitrogênio à planta, afeta todos os aspectos de crescimento e metabolismo dela (Jones, 1985; Raji, 1991; Faquim, 1994; Moreira *et al.*, 2006; Andreucci, 2007).

Com esta perspectiva, projetos de pesquisas em capim-elefante começaram a ser desenvolvidos no sentido de obter materiais com alta produtividade e qualidade superiores na produção de biomassa e, conseqüentemente, gerar maior desenvolvimento econômico da região sul capixaba.

1.1. Objetivo geral

Avaliar o efeito da adubação nitrogenada e fosfatada sobre as frações químicas e nutricionais da biomassa de capim-elefante e estudar sua viabilidade econômica.

1.2. Objetivos específicos

- Avaliar os efeitos da adubação nitrogenada e fosfatada sobre as frações químicas e nutricionais da biomassa de genótipos de capim-elefante utilizados para geração de energia.
- Realizar avaliação da viabilidade econômica a partir da produção da matéria seca da biomassa do capim-elefante para combustão

direta, tendo como ferramentas; a análise de sensibilidade, o cálculo do valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e o índice de rentabilidade (IR).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Situação Energética no estado do Espírito Santo

A globalização trouxe maior interação comercial e competitividade entre os países, e neste contexto, o Brasil se insere como grande interessado especialmente no uso e na pesquisa por novas tecnologias. Entre elas estão àquelas relacionadas à geração e utilização de energia renovável fundamentada no uso da biomassa. Custos e consumo de energia constituem uma preocupação por parte de governos e comunidade científica. Países que utilizam energia de baixo custo e de menor impacto ambiental têm vantagens competitivas sobre os demais países. Constitui um grande desafio para os estados de a federação brasileira viabilizar uma matriz energética concentrada em fontes renováveis (Paniago *et al.*, 2011).

Segundo Vale *et al.* (2000), em 1998 o Brasil no seu consumo primário de energia teve a participação de 55,77% de energia renovável. Deste total, 19,71% foi gerada por biomassa, da qual 9,06% foram compostos por lenha para geração de energia na forma de calor, tanto na indústria de carvão vegetal para uso em caldeiras como para cocção de alimentos.

Em 2002, no Brasil, foi instaurado o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas (PROINFA), considerado como um ponto de partida para uma mudança substancial de postura política em relação às fontes renováveis. Este

Programa garante a compra da energia gerada pelos empreendimentos do programa durante 20 anos. Durante este período, deve ser contratado um total de 3300 MW, sendo 1100 MW para cada uma das fontes contempladas como Eólica, Biomassa e Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCH's (Brasil, 2002).

O Espírito Santo é a Unidade da Federação que tem o maior consumo energético per-capita do País. Em 1994, alcançou 2.209 kep/hab (quilogramas equivalentes de petróleo por habitante), contra 1.776 kep/hab em São Paulo. No entanto, a produção de energia elétrica é precária, pois produz somente 15% de suas necessidades, sendo necessário importar o déficit. Referente ao petróleo, há uma produção próxima de 10.000 barris/dia e consome em média cerca de 30.000 barris/dia. Com relação à produção de gás natural, produz cerca de 700.000 m³/dia, consumindo toda produção. Segundo Brasil (2012), em 2011, com relação aos combustíveis fósseis, o Espírito Santo produziu 18,421X10⁶ m³ de petróleo, tendo acréscimo percentual em relação ao ano de 2010 de 44,8 %. A maior produção ocorreu com o gás natural, chegando à marca de 4,332X10⁶ m³, tendo um acréscimo em relação ao ano de 2010 de 150,9%. Com relação à produção de energia limpa, produziu-se 6.589 GWh de energia elétrica (-6,9% em relação ao ano 2010), e 1,97X10⁵ m³ de álcool (-5,5% em relação ao ano de 2010). O crescimento do consumo de energia elétrica per capita, no Espírito Santo, em 2010, passou de 2,41 MWh/hab para 3,8 MWh/hab em 2011. Este aumento de 57% é devido, principalmente, à inclusão do consumo de energia autoproduzida, que corresponde a 3,8 TWh, 28% de toda energia elétrica consumida no Estado (BEES, 2012).

Em 2011, o Governo do Estado de Espírito Santo deu início a uma política no sentido de estimular a expansão da oferta de energia para o desenvolvimento sustentável, buscando gerar energia por meio dos combustíveis renováveis, alterando naquela oportunidade, a produção de energia com recursos não renováveis. No entanto, no período de 2010 a 2011, a produção de energia renovável teve queda de 1,95% no geral. Tal fato ocorreu porque, apesar da produção de fontes tais como: energia elétrica, lenha, lixívia (água de lavagem das cinzas da queima de madeira) e outras fontes de energia renováveis, de um modo geral, terem apresentado um aumento na ordem de 4,55% em relação ao início do período, as fontes de energia derivadas da cana-de-açúcar

apresentaram no mesmo período uma queda de produção na ordem de 11,42% (BEES, 2012).

2.2. Biomassa Vegetal como Fonte de Energia

A biomassa é um recurso renovável que provém de matéria orgânica, seja de origem vegetal ou animal, tendo por objetivo principal a produção de energia. É uma forma indireta de aproveitamento da energia luminosa solar, onde ocorre a conversão da radiação solar em energia química através da fotossíntese, base dos processos biológicos de todos os seres vivos. A biomassa vegetal é um termo que engloba a matéria vegetal gerada através da fotossíntese e seus derivados, como resíduos florestais, agrícolas, resíduos animais e a matéria orgânica contida em resíduos industriais, domésticos, municipais e etc. Em suma, consiste em toda essa matéria orgânica, que pode ser utilizada como combustível para fornecer energia (Nogueira, 2003).

Uma das vantagens da biomassa é que seu aproveitamento pode ser feito diretamente, por meio da combustão em fornos, caldeiras, etc. A combustão é a transformação da energia química dos combustíveis em calor, por meio das reações dos elementos constituintes com o oxigênio fornecido. O problema da combustão direta é a alta umidade (20% ou mais no caso da lenha) e a baixa densidade energética do combustível (lenha, palha, resíduos etc.), o que dificulta o seu armazenamento e transporte. Para que seja aumentada a eficiência e sejam reduzidos os impactos socioambientais no processo de sua produção, estão sendo desenvolvidas e aperfeiçoadas tecnologias de conversão mais eficientes como a gaseificação e a pirólise, também sendo comum a cogeração em sistemas que utilizam a biomassa como fonte energética (ANEEL, 2006).

Dentre as vantagens do uso da biomassa está, principalmente, a sustentabilidade, pelo fato de ser renovável, permitir o reaproveitamento de resíduos, não contribuindo para o efeito estufa, com o gás carbônico (CO₂), já que o mesmo é absorvido através da fotossíntese, o que não ocorre em outras fontes de energia como o petróleo ou o carvão, além disso, apresenta um baixo custo de produção (Evane; Rocha, 2010).

Segundo a Agência Internacional de Energia (AIE), calcula-se que dentro de aproximadamente 20 anos, cerca de 30% do total da energia consumida pela

humanidade será proveniente das fontes renováveis, que hoje representam 14% da energia produzida no mundo, em que a biomassa tem 11,4% na participação da oferta. O Brasil tem se destacado no mundo com relação à produção de biomassa para geração de energia. Em 2004, a produção da cana-de-açúcar como matéria prima de biomassa se aproximou da ordem de 400×10^6 Mt. (Brasil, 2004)

As condições climáticas do Brasil são uma das características que facilitam a produção de biomassa. Segundo Quesada (2005), o Brasil mostra este fato na produção de biomassa tais como o etanol, carvão vegetal e lenha das plantações. O Brasil é um país de clima tropical muito favorável, especialmente às plantas, de metabolismo C4, que significa favorecer o crescimento de massa vegetal em curto período de tempo, tornando eficiente o aproveitamento da energia solar. Neste contexto, temos as gramíneas que se destacam por apresentarem maior produção de massa vegetal em relação a outros vegetais.

O capim-elefante é uma poácea que apresenta grande eficiência na fotossíntese (metabolismo C4), com elevada capacidade de acumulação de matéria seca, podendo ser comparada à cana-de-açúcar. Ele tem apresentado diante das pesquisas realizadas, enormes vantagens em relação às demais fontes de energia. Apresenta grande produtividade em menores extensões de áreas, menor ciclo produtivo com melhor fluxo de caixa, possibilidade de mecanização total, energia renovável e maior assimilação de carbono. (Jacques, 1997; Quesada, 2004; Mazzarella, 2007).

Na busca de uma produção sustentável de biomassa para fins de geração de energia, as poáceas, principalmente a cana-de-açúcar e o capim-elefante, se destacam por suas características qualitativas. Apresentam teores de fibra acima de 30%, o que a qualificam para produção de energia (Urquiaga *et al.*, 1992; Boddey, 1995; Samson *et al.*, 2005; Kauter *et al.*, 2006).

Para geração de bioenergia se faz necessário não somente a produção de matéria seca, mas também deve haver variáveis de qualidades a serem identificados tais como níveis de fibra, lignina, cinzas e baixos níveis de água. Porém, foi possível obter-se uma produção média de matéria seca (MS) de 30 Mg ha^{-1} , em um solo pobre em nitrogênio, associado a um nível de fibras e ligninas, parâmetros favoráveis a produção de energia na queima direta (Lemos *et al.*, 2002; Mckendry, 2002; Quesada, 2005).

Quando utilizado in natura, o capim-elefante pode ser usado na combustão direta em fornos, como substituto à lenha e ao carvão, muitas vezes passando por uma etapa de adensamento e estruturação em pellets, cubos ou briquetes. Na realização do balanço energético, foi encontrada a relação de 21,3 unidades de energia renováveis para cada unidade de energia fóssil no processo produtivo agrícola (Samson *et al.*, 2005).

2.3. O capim-elefante

O Capim-elefante é conhecido como capim-napier, capim-cameroon e capim-cana. Ele pertence à família Poaceae, subfamília Panicoideae, tribo Paniceae, gênero *Pennisetum* e seção Penicillaria. Por muitos anos, pecuaristas no Brasil o utilizaram para alimentação de gado visando à produção de carne e leite. Morfologicamente apresenta-se como uma gramínea perene, de hábito de crescimento cespitoso, atingindo de 3 a 5 metros de altura com colmos eretos dispostos em touceira aberta ou não, os quais são preenchidos por um parênquima suculento, chegando a 2 cm de diâmetro e com entrenós de até 20 cm. Verificam-se rizomas curtos, tendo folhas com inserções alternadas de cor escura ou clara esverdeada, podendo ser pubescentes e alcançam até 0,10 m de largura por 1,10 m de comprimento. Observando as folhas, verifica-se que as mesmas apresentam nervura central larga e brancacenta, bainha lanosa, invaginante, fina e estriada, lígula curta, brancacenta e ciliada. Suas panículas com inflorescência primária e terminal, sedosa e contraída (forma de espiga solitária ou em conjunto no mesmo colmo). Apresentam tamanho médio em torno de 0,15 m, envolta por um tufo de cerdas de tamanhos desiguais e de coloração amarelada ou púrpura. Apresenta-se em forma de densas touceiras sem, contudo, cobrir por extenso o solo. (Alcântara & Bufarah, 1983; Nascimento Junior, 1981; Deresz, 1999).

No sentido de facilitar o estudo das variedades de capim-elefante, Pereira (1993) classificou-os em cinco grupos como se segue:

I – Cameroon: touceira densa, porte ereto, colmos grossos, predominância de perfilhos basais, folhas largas. Exemplos: Capim Cana D'Africa, Cameroon Piracicaba.

II – Napier: touceira quase aberta, colmos grossos, folhas largas, florescimento intermediário. Exemplos: Napier, Mineiro, Gigante da Pinda, Taiwam A-146.

III – Merker: baixo porte, colmos finos, folhas finas, florescimento precoce. Exemplos: Merker, Merker comum, Merker pinda.

IV – Anão: porte baixo, internódio curto e elevada relação folha/caule. Exemplo: cv Molt.

V – Híbridos Interespecíficos: resultantes de cruzamentos entre espécies de *Pennisetum*.

Segundo Morais (2007), em condições controladas, o potencial de rendimento médio de matéria seca de variedades como Cameroon e Guaçú, entre outros, superam 40 toneladas anuais por hectare, o que corresponde ao dobro da biomassa média produzida pela cultura do Eucalipto.

2.4. O capim-elefante e o nitrogênio

O nitrogênio (N), apesar de ser um gás abundante na biosfera, 78% da atmosfera terrestre, não está diretamente acessível às plantas. Quando adicionado ao solo como fertilizantes, apenas 50% dele são utilizados pela cultura, pois a eficiência da utilização está relacionada ao grau de recuperação do nitrogênio pela planta (Anghinoni, 1986).

Segundo Mifflin & Lea (1976) e Harper (1994), o nitrogênio é um elemento essencial para as plantas, pois se faz presente nas composições biomoleculares mais importantes tais como ATP, NADH, NADPH, proteínas, várias enzimas e clorofila, tudo relacionado à fotossíntese.

Cerca de 2% do nitrogênio total do solo apresenta-se na forma mineral, resultante da mineralização de material orgânico ou da adição feita por fertilizantes. A biomassa da parte aérea e os conteúdos de N, P, K, Ca e Mg aumentam linearmente com o incremento das doses de N adicionadas à pastagem de capim-elefante (Pegoraro, 2009; Raji, 1991; Malavolta, 1982).

O nitrogênio atua nas características qualitativas e quantitativas, de forma intensa, sobre os aspectos relacionados ao manejo do capim-elefante. Se após a brotação, apresentar coloração amarelada acompanhado de crescimento lento, fica caracterizada a deficiência de nitrogênio. Estudos revelaram um alto potencial

de produção com adubação nitrogenada na ordem de 1800 Kg de nitrogênio/ha/ano, sendo que a dose com maiores eficiências ocorreram próximas de 450 kg de nitrogênio/ha/ano (Corsi, 1972; Xavier, 2006; Van Soest, 1994),

As melhores produtividades são alcançadas quando um manejo eficiente de nutrientes é adotado, tornando necessário o conhecimento da dinâmica de uso destes nutrientes. As adubações nitrogenadas são uma das práticas que apresentam maiores questionamentos quanto ao seu uso, pois as perdas ocorridas são de grande ordem e variam muito com a mobilidade do nitrogênio que é alto no sistema solo-fixado. Apesar de compor apenas entre 1 a 5% do peso seco nas gramíneas C4, o nitrogênio é indispensável, pois a inadequada nutrição por parte do nitrogênio à planta, afeta todos os aspectos de crescimento e metabolismo dela (Jones, 1985; Andreucci, 2007).

O nitrogênio na forma de adubo tem papel fundamental na produção vegetal. As características do processo de industrialização que conduzem à transformação do nitrogênio da atmosfera em amônia, o qual serve de matéria prima para grande parte dos fertilizantes nitrogenados, consome alto nível de energia. Tais valores de gastos de energia se aproximam da ordem de 35×10^9 J/t de nitrogênio, aumentando em muito os custos do adubo nitrogenado (Macedo & Koller, 1997; Blumenthal et al., 2001).

Os elevados custos da adubação, principalmente a nitrogenada, oneram demasiadamente os custos de produção, além de contribuir para diminuição do balanço energético (Zanetti *et. al*, 2009).

2.5. O capim-elefante e o fósforo

O fósforo (P) é um elemento químico não metálico, com número atômico 15, correspondente ao grupo dos nitrognoides na tabela periódica. De forma natural é encontrado em combinações de fosfatos e outros sais. O fósforo tem fundamental importância na vida das plantas, pois participa dos compostos ricos em energia tais como o trifosfato de adenosina (ATP). É absorvido pelas raízes como H_2PO_4 e é constatada a sua presença no xilema e por ser um dos nutrientes essenciais, provoca grande efeito no desenvolvimento do sistema radicular e perfilhamento das forrageiras, ainda na sua fase de estabelecimento (Malavolta, 1985 & Werner, 1986).

Dos macros nutrientes, o fósforo no aspecto quantitativo é o menos exigido pela planta. No entanto, é o nutriente mais usado em adubação no Brasil. Esta situação ocorre pela carência generalizada de fósforo nos solos brasileiros. A adubação fosfatada estimula a absorção de N pela planta. Como consequência da correção da deficiência de fósforo no solo, há um aumento da eficiência no ciclo do nitrogênio, porém seu efeito sobre a mineralização do nitrogênio do solo é menos consistente. Tem função de destaque no metabolismo da planta, principalmente no controle da atividade enzimática. Possui efeitos residuais que proporcionam a manutenção da produção de matéria seca do capim-elefante durante dois anos após a fase de estabelecimento da forrageira (Rajj, 1991; Faquim, 1994; Moreira *et al.*, 2006).

Os solos Tropicais e Subtropicais possuem pequenas reservas de nutrientes na forma de minerais primários, apresentando baixa capacidade de troca de cátions e alta capacidade de fixação do fósforo. De todo fósforo aplicado à planta, ela consegue absorver no máximo 10% do mesmo. O solo brasileiro em sua maioria é ácido, rico em ferro e alumínio fazendo com que ocorra a absorção do fósforo (Malavolta, 1989; Gonçalves *et al.*, 2000).

Para Malavolta (1980), quando o pH do solo está em torno de 6,5 (levemente ácido) acontece à disponibilidade máxima do fósforo para a planta, pois valores mais baixos fazem com que reações químicas ocorram formando fosfatos de ferro e fosfatos de alumínio de baixa disponibilidade. Uma maneira de minimizar tal situação é a realização da calagem, pois além de minimizar o efeito da acidez, traz grandes melhorias químicas e biológicas para o sistema radicular aumentando a absorção de nutrientes e água pela planta.

Lira *et al.* (1996) pesquisando o efeito da adubação nitrogenada e fosfatada no rendimento do capim-elefante, verificaram que para dosagens fosfatadas de 0, 60 e 120 Kg ha⁻¹ mostraram diferenças significativas ($P < 0,01$) em todos os cortes realizados (sete cortes) e concluíram que o fósforo foi um nutriente limitante da produção em todos os cortes, visando ao aumento da produtividade do capim-elefante.

2.6. O Capim-elefante e as Fibras

Segundo Mertens (1997), a fibra é um agregado de compostos e não uma entidade química distinta, portanto, a composição química da fibra é dependente da sua fonte e da metodologia usada na sua determinação laboratorial.

Mertens (1996) afirma que apesar de serem muitas vezes usadas como sinônimas, a parede celular e a fibra em detergente neutro (FDN) não são idênticas, nem na definição, nem na composição. Parede celular é um termo usado por botânicos, agrônomos, e fisiologistas de plantas para se referir a um componente anatômico específico da planta que circunda a célula. Quimicamente, as paredes celulares contêm pectina, celulose, hemicelulose, lignina polimérica, complexos fenólicos, e algumas proteínas. A composição e estrutura da parede celular fornecem os elementos estruturais de proteção necessários para a planta.

A parede celular primária na célula vegetal é composta de microfibrilas de celulose embebidas em uma matriz de polissacarídeos. Essas estruturas são relativamente rígidas e contribuem para a resistência e a disposição estrutural da parede celular. A celulose é muito forte, muito estável e resiste à degradação. A celulose tem uma resistência elástica alta, equivalente à do aço (Taiz & Zeiger, 2009).

Van Soest, (1994) afirma que a parede celular é composta por carboidratos estruturais de baixa solubilidade (celulose, hemicelulose e lignina), além de sílica e cutina, as quais correspondem à fração fibra bruta (FB) da forragem, já o conteúdo celular é composto por amido e carboidratos solúveis, proteína bruta, lipídios, vitaminas e minerais, correspondendo à fração solúvel ou parcialmente solúvel. A parede celular pode ser separada em fibra em detergente neutro (FDN) que determina a sua concentração na planta e expressa celulose e hemicelulose e fibra em detergente ácido (FDA) que determina a qualidade da parede celular e expressa lignina, sílica e cutina. Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) são diretamente proporcionais ao poder calorífico do material, ou seja, quanto maior os teores de FDN e FDA, melhor será a qualidade da biomassa para fins energéticos.

Mertens (1992) propôs a classificação dos carboidratos em Fibrosos e não fibrosos. Os fibrosos são a celulose, hemicelulose e lignina e os não fibrosos

são os amidos, açúcares e pectinas. Esta classificação evidencia os aspectos nutricionais mais do que as características químicas e físicas exercidas na planta.

Apesar do termo “fibra” ser utilizado para definir uma vantagem nutricional e de não ser um produto químico, ainda assim constitui um resultado associado a fatores químicos. Quimicamente paredes celulares contêm pectina, celulose, hemicelulose, lignina polimérica, complexos fenólicos, e algumas proteínas. A composição e estrutura da parede celular fornecem os elementos estruturais e proteção necessária à planta. Mertens (1996) apresenta a composição estrutural como Frações Químicas e Nutricionais conforme tabela 1.

Tabela 1. Frações químicas e nutricionais da biomassa

Matéria Seca	
Cinzas	Matéria Orgânica
Lípidios - Proteínas	Carboidratos, Ácidos Orgânicos e Polímeros Complexos
Açúcares - Amidos - Ácidos Orgânicos	Pectinas - Hemicelulose - Lignina - Celulose
Paredes Celulares	
FDN	
FDA	
Fibra Bruta	

Fonte: Mertens (1996)

As características físicas das fibras (tamanho da partícula e densidade) não são avaliadas pela porção FDN, mas sim as características químicas. A hemicelulose pode ser estimada através da diferença entre FDN e FDA, e a lignina e a celulose podem ser quantificadas, sequencialmente, a partir da oxidação da FDA em solução de permanganato de potássio, e através da queima deste resíduo em mufla, respectivamente. As hemiceluloses são polissacarídeos flexíveis que caracteristicamente ligam-se à superfície da celulose. A FDN mensura os três maiores componentes indigestíveis ou incompletamente digestíveis das plantas: hemicelulose, celulose e lignina (Mertens, 1996; Taiz & Zeiger, 2009).

A biomassa lignocelulósica é uma mistura complexa de polímeros naturais de carboidratos conhecidos como celulose, hemicelulose, além de lignina e pequenas quantidades de outras substâncias, como extrativos e cinzas, os quais estão contidos na parede celular das plantas. A análise do teor de lignina em materiais orgânicos constitui um dado importante, pois se trata de estudos de processos onde o material é submetido a aquecimento, combustão direta ou outro

tipo de conversão em energia térmica. A quantidade de celulose, hemicelulose e lignina nos diferentes tipos de materiais lignocelulósicos é variável. Normalmente são encontrados nas seguintes proporções: a celulose 40 e 60%, a hemicelulose entre 15 e 50% e a lignina de 10 – 30% aproximadamente, dependendo do tipo de planta, da sua idade e dos seus tecidos. (Penedo, 2002)

Segundo Mckendry (2002), as proporções de celulose e lignina na biomassa são importantes apenas em processos de conversão bioquímica para geração de energia. A biodegradabilidade de celulose é maior do que a de lignina, portanto, a conversão global do carbono contendo material vegetal presente na celulose é maior do que nas plantas com uma maior percentagem de lignina. Isto constitui um fator determinante na escolha das espécies de plantas para geração de biomassa visando à transformação bioquímica.

Zanetti *et al.* (2009) identificaram genótipos de capim-elefante com características de qualidade para fins energéticos onde foram destacados teores percentuais de 51,4% de FDA (Fibra em Detergente Ácido), 28,7% de celulose, 12,6% de lignina e 3% de cinzas, valores que foram considerados em níveis aceitáveis para uso energético.

Paterlini *et al.* (2013) avaliando capim-elefante para uso energético encontraram teores percentuais de cinzas de 7,33% em média, de lignina 10,15%, valores que foram considerados desejáveis para sua utilização em fins energéticos.

Mistura *et al* (2006) que avaliaram a qualidade da biomassa do capim-elefante, com e sem irrigação, adubado com N e K na estação seca, encontraram teores de FDN que variaram de 72,45 a 73,93%. Queiroz Filho *et al.* (2000), ao avaliarem a qualidade de biomassa do capim-elefante da variedade roxo, encontraram teores de FDN entre 65 e 77%. Tais resultados mostraram que o manejo e os nutrientes necessários à cultura conduziram a uma produção de biomassa com qualidade (Mistura *et al.*, 2006; Andrade *et al.*, 2005). Bernadino *et al.* (2005), avaliando a matéria seca para silagem de capim-elefante, encontraram valor médio do teor de FDN igual a 74,5%. Magalhães *et al.*, (2009), avaliando a influência da adubação nitrogenada e a idade de corte sobre os teores de fibra em detergente neutro (FDN) de três cultivares de capim-elefante, observaram médias de 69,48% na cultivar Roxo e 71,11% no cultivar Pioneiro. No entanto, Fava (2008) avaliando clones de capim-elefante no cerrado mato-grossense, encontrou

valores entre 75,61 e 86,26% e Parente *et al.* (2012) em suas pesquisas sobre capim-elefante em município de Chapadinha, Região do Baixo Parnaíba, encontraram valores entre 76,40 e 78,69% de teor de FDN.

2.7. Viabilidade econômica

Segundo Baena (2005), para análises de viabilidades econômicas tem sido escolhidas ferramentas tais como: valor presente líquido (VPL) e taxa interna de retorno (TIR) como meios orientadores para avaliar empreendimentos que apresentam fluxos de caixa em diferentes momentos.

Brigham & Houston (1999) afirmam que matematicamente, os métodos VPL e TIR sempre levarão às mesmas decisões de aceitar ou rejeitar projetos independentes porque, se o VPL for positivo, a TIR será superior a k , em que o “ k ” refere-se à taxa de desconto quando o VPL se iguala a zero, ou seja, k representa TIR.

Gitman (2010) afirma que pelo fato do VPL levar em conta o valor do dinheiro no tempo, ele é considerado uma técnica de orçamento sofisticada. Afirma também que todas as técnicas, de uma forma ou de outra, descontam os fluxos de caixa com uma taxa específica, geralmente denominada taxa desconto, retorno exigido, custo de capital ou custo de oportunidade.

Segundo Falcini (1995), a estimativa do valor econômico inclui a consideração das variações do valor do dinheiro no tempo, pelo uso do valor presente num contexto de retorno e risco. Afirma ainda, que as decisões de investimento sejam sempre tomadas sob condições de incerteza, mas que, porém, isso não invalida a racionalidade no sistema.

Segundo Chiavenato (2005), o risco é o grau de incerteza associado ao investimento; é uma possibilidade de perda. O risco se apresenta de duas maneiras: risco econômico e risco financeiro. O risco econômico é inerente ao empreendimento. É a incerteza ou variabilidade relativa dos resultados do empreendimento que depende do ramo de atividade, do tipo de operação, do tipo do produto ou serviço. O risco financeiro é o risco de não obtém a remuneração do investimento. É consequência da estrutura das fontes de recursos.

Numa análise de rentabilidade e riscos deve-se fazer uma composição metodológica envolvendo a técnica de Monte Carlo, usada na avaliação de riscos

agregada a um método de rateio de custos entre componentes culturais, o que deve possibilitar uma análise do sistema como um todo e a análise isolada de cada componente participante do sistema. Muitas são as variáveis que participam de um projeto. No fluxo de caixa é comum encontrarmos variáveis tais como: quantidade e preço de produtos, serviços, insumos e produtividade das culturas que normalmente têm respostas aleatórias e atuam de forma diferenciada na determinação de indicadores de rentabilidade, sendo que algumas com mais participação na determinação da rentabilidade do que outras. No processo, devem-se estabelecer as variáveis que serão consideradas relevantes para se definir o tipo de probabilidade que elas assumirão na análise. Na literatura vários tipos pertinentes à probabilidade são citadas. Porém, para o setor agrícola, diversos autores sugerem a distribuição do tipo triangular que permite utilizar todas as variáveis aleatórias (Santos & Campos, 2000).

Brealey & Myers (1999) afirmam que a análise de sensibilidade permite-lhe calcular o efeito da mudança de uma variável de cada vez. Analisando o projeto sob cenários alternativos, pode-se considerar o efeito de um número limitado de combinações plausíveis de variáveis. A simulação de Monte Carlo é um instrumento que permite considerar todas as combinações possíveis. Por conseguinte, permite-lhe examinar a distribuição completa dos resultados do projeto.

Ponciano *et al.* (2004) utilizaram VPL, TIR, análise de sensibilidade e simulação pelo método de Monte Carlo para avaliar a viabilidade econômica e de risco da fruticultura na região norte fluminense. Pereira *et al.* (2011) utilizaram as ferramentas VPL, TIR e índice de lucratividade (relação benefício/custo) para analisarem a viabilidade econômica de uma plantação de eucalipto no Pará-Amazônia-Brasil. Pimentel *et al.* (2007) analisaram a viabilidade econômica na cultura da noz-macadâmica no Brasil, utilizando ferramentas tais como VPL e TIR. Arieira *et al.* (2008) analisaram a viabilidade econômica para produção de flores em Umuarama, noroeste do Paraná, e utilizaram as ferramentas VPL e TIR. Lyra *et al.* (2010) analisaram a viabilidade econômica e risco do cultivo do mamão em função da lâmina de irrigação e doses de sulfato de amônio na região norte do Espírito Santo, no município de Linhares, na determinação dos riscos e índices utilizando o VPL, TIR, análise de sensibilidade e o método de Monte Carlo. Sabbag & Nicodemo (2011) analisaram a viabilidade econômica da produção de

mel originária de flor de laranjeira e silvestre em uma propriedade familiar em Cajuru no estado de São Paulo, usando ferramentas tais como: índice de lucratividade (relação benefício/custo), VPL e TIR. Abebe (2007) analisou a viabilidade técnica e econômica de frutas integradas ao processamento industrial na Etiópia. Em suas análises foram usadas ferramentas tais como VPL e TIR, concluindo que o empreendimento apresentava viabilidade econômica com fluxos de caixas viáveis em longo prazo.

3. TRABALHOS

TRABALHO I - EFEITO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E FOSFATADA NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE PARA USO ENERGÉTICO

RESUMO

A substituição por novas fontes renováveis, como solar, eólica e biomassa constitui um desafio. Neste contexto, o capim-elefante, uma poácea de origem africana, que é capaz de se adaptar às condições edafoclimáticas de quase toda a extensão territorial brasileira, vem se destacando com sucesso na produção de biomassa para fins energéticos. A qualidade da biomassa é um fator importante a ser avaliado quando se utiliza mesmo para combustão direta. Há necessidade de se entender melhor a causa e o efeito que levam a uma qualidade de biomassa para geração de energia. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos dos nutrientes minerais nitrogênio e fósforo sobre a composição química da biomassa de capim-elefante utilizado para combustão direta. Foram avaliados os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina,

celulose, hemicelulose, cinzas e proteína bruta, em três cultivares de capim-elefante (Guaçu/IZ.2, Cameroon e Capim Cana d'África). Os valores dos teores de FDN, FDA, celulose, lignina e relação LIG/FDN variaram de 75,40 a 77,79%, 47,80 a 50,07%, 36,72 a 37,98%, 9,11 a 10,12% e 11,98 a 13,22% respectivamente. Conclui-se que a biomassa de capim-elefante possui qualidades adequadas para o uso em combustão direta independente da dose de adubação de nitrogênio e fósforo utilizados. O genótipo Cameroon foi o que melhor se adaptou às condições edafoclimáticas do experimento, e mostrou ser o mais promissor para fins energéticos na região.

Palavras chave: *Pennisetum purpureum* Schum., biomassa, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina, celulose.

ABSTRACT

Replacement with new renewable sources such as solar, wind and biomass is a challenge. In this context, the elephant grass, a grass of African origin, which is able to adapt to the environmental conditions of almost all Brazilian territory, has stood out successfully in the production of biomass for energy purposes. The quality of biomass is an important factor to be evaluated when using it for direct combustion. There is need to better understand the cause and effect relationships that lead to a quality of biomass for power generation. The aim of this study was to evaluate the effects of mineral nutrients nitrogen and phosphorus on the chemical composition of the biomass of elephant grass used for direct combustion. The contents of neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin, cellulose, hemicellulose, ash and crude protein in three cultivars of elephant grass (Guaçu, Cameroon and Grass Cana d'Africa) were evaluated. The values of NDF, ADF, cellulose, lignin and ON / NDF ranging from 75.40 to 77.79%, from 47.80 to 50.07%, from 36.72 to 37.98%, 9.11 % to 10.12 and 11.98 to 13.22% respectively. It was concluded that the biomass of elephant grass has qualities suitable for use in direct combustion, independent of the dose of fertilizer nitrogen and phosphorus

used. Genotype Cameroon was the best adapted to soil and climatic conditions of the experiment, and proved to be the most promising for energy in the region.

Keywords: *Pennisetum purpureum* Schum., Biomass, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, lignin, cellulose.

1. INTRODUÇÃO

Desde o início da humanidade, o homem precisou utilizar energia para sua própria sobrevivência, bem como, para o seu bem estar buscando uma zona de conforto para si. No início, o homem começou utilizando energia cujas fontes eram renováveis. No entanto, com o passar dos tempos, o homem passou a explorar fontes de energias finitas não renováveis. Os combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural), que fazem parte dessa configuração, são fortemente poluidores e afetam o equilíbrio do planeta causando o efeito estufa.

A busca por sustentabilidade no sistema energético brasileiro é uma realidade. Muitas pesquisas estão sendo realizadas, buscando corroborar com o sistema. Ao final de 2011, o Brasil havia produzido um total de 256.740×10^3 tep (tonelada equivalente de petróleo) sendo deste total, 48% de energia renovável. E o Espírito Santo, havia produzido um total de 23.440×10^3 tep, sendo deste total, 8% de fontes de energia renovável (BEES, 2012).

Hoje, o grande desafio para a pesquisa é encontrar material energético alternativo através da biomassa vegetal. A cultura de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) é altamente eficiente na fixação de CO₂ (gás carbônico) da atmosfera durante a fotossíntese para a produção de biomassa. A produção média anual de biomassa de capim-elefante pode chegar a aproximadamente 60 toneladas de massa seca ha⁻¹ano⁻¹. (Morais *et al.* 2009; Barbé, 2012).

Apesar da importância da produção da biomassa, não se pode deixar de considerar a qualidade da biomassa. A sua qualidade está associada à composição química da planta. O capim-elefante é uma poácea de alta eficiência fotossintética, com metabolismo C4, com grande capacidade de acumulação de

matéria seca e características qualitativas que o credenciam a ser avaliado para geração de energia. (Quesada *et al.*, 2004)

É desejável uma planta rica em fibras e lignina com grande produção de biomassa, a partir de um consumo mínimo de nutrientes minerais produzidos a partir do uso de combustíveis fósseis (Sanson *et al.*, 2005).

A água e o nitrogênio são nutrientes limitantes à produção poáceas, porém depois destes, o fósforo é o mais limitante. O fósforo é importante no estabelecimento da cultura, pois estimula a formação e o crescimento de raízes e o perfilhamento (Werner, 1986).

Neste contexto, objetivou-se neste trabalho avaliar os efeitos da adubação nitrogenada e fosfatada na composição química da biomassa de genótipos de capim-elefante, por meio de suas características, para uso energético.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e características climáticas da região

O ensaio foi conduzido nas dependências do Instituto Federal do Espírito Santo – campus de Alegre, na região sul do estado do Espírito Santo, “20°45’57,9” S, longitude de 41°27’23,93” W, e altitude de 126 m. Segundo a classificação internacional de Köppen, o clima da região do plantio é do tipo “Cwa”, ou seja, tropical quente e úmido, com inverno frio e seco, temperatura média anual de 23,1°C e precipitação total anual média de 1341 mm (Lima, 2008).

2.2. Solo

O ensaio foi realizado em um solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Eutrófico (EMBRAPA 1999).

Foram colhidas amostras de solo na profundidade de 0-20 cm para fazer análise granulométrica, cujos resultados foram: Areia 76,25%; Silte 2,51% e Argila

21,23%. Os resultados de análise química do solo amostrados na profundidade de 0-20 cm foram: pH em água de 5,96; H + Al, Ca, Mg, CTC(T) de 1,93; 1,5; 0,53; 4,16 cmol dm⁻³, respectivamente, P de 19 mg dm⁻³, K de 67 mg dm⁻³.

2.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de Blocos Casualizados (DBC), num esquema de parcelas sub-subdivididas. Avaliaram-se três genótipos de capim-elefante (Guaçu/IZ.2, Cameroon-Piracicaba e Capim Cana D'África) com cinco doses de adubação nitrogenada e quatro doses de adubação fosfatada. Com três repetições para cada tratamento (ANEXO - I).

A área experimental foi formada por 36 linhas de 12 m cada uma, sendo que 3,0 m das extremidades de cada linha de plantio serviram como bordadura e o espaçamento entre linhas foi de 1,5 m e cada bloco formado por 60 unidades experimentais de 2,40 m de extensão linear. O plantio dos colmos foi disposto em linha nos sulcos, no sistema pé com ponta. Posteriormente, fez os cortes dos colmos com aproximadamente de 50 a 60 cm de tamanho dentro do sulco de plantio e foram cobertos com 3 cm de solo. Nas Sub-subparcelas foram aplicadas cinco doses de adubação nitrogenada (0, 250, 500, 1000 e 2000 Kg ha⁻¹ de ureia), fracionada durante o ciclo da cultura por cinco vezes (em 05 de março de 2011, 13 de outubro de 2011, 31 de janeiro de 2012, 17 de março de 2012 e 21 de abril de 2012). Nas subparcelas foram aplicadas quatro doses de adubação fosfatada (50, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅) usando fertilizante superfosfato simples.

Os três genótipos testados foram: G1 - Guaçu/IZ.2 (de procedência original de Nova Odesa-SP); G2 - Cameroon – Piracicaba (de procedência original de Piracicaba – ESALQ); G3 - Capim Cana D'África (de procedência de Linhares-ES).

O experimento foi instalado em 22 de abril de 2010. Foram realizados dois cortes de uniformização devido a fatores climáticos bem como a falhas encontradas no plantio. O primeiro corte de uniformização foi feito em 19 de outubro de 2010 (decorridos 180 dias do plantio) e um segundo corte de uniformização realizado em 02 de março de 2011. O primeiro corte de avaliação foi realizado em 29 de agosto de 2010 (180 dias após o último corte de

uniformização), o segundo corte de avaliação foi realizado em 25 de junho de 2011 (300 dias após o primeiro corte) e o terceiro corte de avaliação para obtenção das características da composição química da biomassa foi realizado em 22 de dezembro de 2011.

2.4. Procedimentos para obtenção de características das composições químicas da biomassa

Para realização das análises das características das composições químicas da biomassa do capim-elefante, após o corte, foi feito o fracionamento como se segue: O material foi pesado, picado 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 1 mm e acondicionadas em recipiente hermeticamente fechado para serem analisadas posteriormente. As características das frações químicas percentagem de cinzas (CIN), percentagem de fibra em detergente neutro (FDN), percentagem de fibra em detergente ácido (FDA), percentagem de hemicelulose (HEM), percentagem de celulose (CEL) e percentagem de lignina (LIG) foram avaliadas pelo Laboratório de Análise de Alimentos da Embrapa Gado de Leite, Coronel Pacheco – MG, pelo método da reflectância 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.

2.5. Análises estatísticas

A análise estatística foi realizada utilizando-se o programa GENES (Cruz, 2013). Foi realizada, inicialmente, uma análise de variância com base na média das sub-subparcelas para cada uma das características avaliadas FDN, FDA, LIG, CEL, HEM, CIN, PB, FDN/PB, LIG/FDN e CEL/FDN, utilizando o seguinte modelo estatístico (split-split-plot):

$$Y_{ijkl} = \mu + B_l + G_i + \varepsilon_a + P_j + (GP)_{ij} + \varepsilon_b + N_k + (GN)_{ik} + (PN)_{jk} + (GPN)_{ijk} + \varepsilon_c \quad (\text{Eq. I})$$

I)

Em que:

Y_{ijkl} = valor observado relativo ao i-ésimo genótipo, no j-ésimo fósforo, no k-ésimo nitrogênio e no l-ésimo bloco;

μ = média geral do ensaio;

G_i = efeito do i-ésimo genótipo;

B_l = efeito do l-ésimo bloco;

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

$\sim \text{NID}(0, \sigma_{\varepsilon_a}^2)$;

P_j = efeito do j-ésimo fósforo;

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

ε_b = efeito do erro b associado ao i-ésimo genótipo ao j-ésimo fósforo no l-ésimo bloco $\sim \text{NID}(0, \sigma_{\varepsilon_b}^2)$;

N_k = efeito do k-ésimo nitrogênio;

$(GN)_{ik}$ = efeito da interação do i-ésimo genótipo com k-ésimo nitrogênio;

$(PN)_{jk}$ = efeito da interação do j-ésimo fósforo com k-ésimo nitrogênio;

$(GPN)_{ijk}$ = efeito da interação do i-ésimo genótipo com j-ésimo fósforo e k-ésimo nitrogênio;

ε_c = efeito do erro c associado ao i-ésimo genótipo ao j-ésimo fósforo e k-ésimo nitrogênio no l-ésimo bloco. $\sim \text{NID}(0, \sigma_{\varepsilon_c}^2)$.

$\varepsilon_a, \varepsilon_b \text{ e } \varepsilon_c \sim \text{NID}(0, \sigma_{\varepsilon_{a,b,c}}^2)$.

A análise de variância (ANOVA) é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. ANOVA do esquema em parcelas sub-subdivididas

FV	GL	QM	F
Bloco	$(r - 1)$	QMR	
Genótipo	$(a - 1)$	QMG	QMG/QMErro(a)
**Erro(a)	$(r - 1)(a - 1)$	QMErro(a)	
(Parcela)	$(ar - 1)$		
Fósforo	$(b - 1)$	QMP	QMP/QMErro(b)
Genótipo \times Fósforo	$(a - 1)(b - 1)$	QMGP	QMGP/QMErro(b)
**Erro(b)	$(ab - a)(r - 1)$	QMErro(b)	
(Sub-parcela)	$(abr - 1)$		
Nitrogênio	$(c - 1)$	QMN	QMN/QMErro(c)
Genótipo \times Nitrogênio	$(a - 1)(c - 1)$	QMGN	QMGN/QMErro(c)
Fósforo \times Nitrogênio	$(b - 1)(c - 1)$	QMPN	QMPN/QMErro(c)
Genótipo \times Fósforo \times Nitrogênio	$(a - 1)((b - 1)(c - 1))$	QMGPN	QMGPN/QMErro(c)
**Resíduo	$(abc - ab)(r - 1)$	QMResíduo	
(Sub-subparcela)	$(abcr - 1)$		

Para as características 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 à regressão e devido aos desvios de regressão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análises Estatísticas

3.1.1 Análise de variância

O resumo da análise de variância das características das frações químicas de qualidade da biomassa (FDN, FDA, LIG, CEL, HEM, CINZA, PB, FDN/PB, LIG/FDN e CEL/FDN) para três genótipos de capim-elefante (Guaçu/IZ.2, Cameroon e Cana D'África) em função das doses de nutrientes minerais

nitrogênio (0, 500, 1000, 1500 e 2000 Kg ha⁻¹ de N) e fósforo (50, 100, 200 e 400 Kg ha⁻¹ de P₂O₅) num intervalo de tempo de 180 dias para fins energéticos está apresentado na tabela 3. Observou-se efeito não significativo (P>0,05) para todas as características avaliadas em todas as causas de variação relacionadas com os efeitos principais, exceto para característica FDN para a fonte de variação genótipo, que apresentou efeito significativo (P<0,05). As análises estatísticas mostraram que não houve nenhuma interação significativa envolvendo os diferentes fatores para as características de composição químicas avaliadas. Devido à ausência de significância para as causas de variação que contém o fator fósforo isolado (efeito principal do fósforo) ou em interação com os demais fatores genótipo e nitrogênio (Genótipo×Fósforo, Nitrogênio×Fósforo e Nitrogênio×Fósforo×Genótipo) (Tabela. 02), os níveis deste fator foram considerados como repetições para os procedimentos das demais análises estatísticas.

Os coeficientes de variação (CV) para FDN, FDA, LIG, CEL, HEM, CIN, PB, FDN/PB, LIG/FDN e CEL/FDN encontrados foram 1,97; 3,37; 6,61; 3,89; 3,54; 15,13; 9,07; 9,29; 5,90 e 2,50 respectivamente. Os CV(s) foram considerados baixo, sendo as menores diferenças entre estimativas de médias significativas com boa qualidade experimental para as características avaliadas, exceto para característica CIN que foi considerada médio. conforme Cargnelutti & Storck (2007).

3.1.2 Comparações múltiplas e Análises de Regressão

3.1.2.1 Fibra em Detergente Neutro (FDN)

Foram encontrados para o teor de FDN valores que variaram de 75,40 a 77,79%, onde o nitrogênio não influenciou os teores avaliados. Foram observados valores comparáveis aos que alguns pesquisadores encontraram em suas pesquisas. Santos (2011) em seu experimento cultivou capim elefante na Chapada do Araripe em Pernambuco para fins energéticos e encontrou teor de FDN entre 73,72 (com gesso agrícola mineral) e 76,56% (sem gesso) para o Cameroon, 76,71(com gesso agrícola mineral) e 78,42% (sem gesso) para o Gramafante e 77,26(com gesso agrícola mineral) e 77,88 (sem gesso) para o Roxo. Flores *et al.* (2013) avaliando o nitrogênio e a idade de corte na qualidade

da biomassa de capim-elefante para fins agroenergéticos verificaram que o nitrogênio não influenciou os teores de FDN no colmo e na folha do capim-elefante e encontraram valores médios de 69 e 58%, respectivamente. Magalhães *et al.*, (2009) estudando o efeito de doses de nitrogênio e três genótipos de capim elefante, observaram teores médios de FDN (Fibra em Detergente Neutro) em torno de 70%, não encontrando efeitos significativos da adubação nitrogenada para esse parâmetro avaliado. Tais valores foram considerados aceitáveis para substituição do carvão mineral ou outras fontes tradicionais de energia.

Tabela 2. Resumo da análise de variância das características FDN, FDA, LIG, CEL, HEM, CIN, PB, FDN/PB, LIG/FDN e CEL/FDN em Alegre-ES, 2012-2013.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO (QM) DAS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DA BIOMASSA									
		FDN	FDA	LIG	CEL	HEM	CIN	PB	FDN/PB	LIG/FDN	CEL/FDN
Bloco	2	254,9047	66,3207	15,54766	97,95584	4,36777	4,36777	19,50071	7,44978	6,50928	13,72141
Genótipo (G)	2	0,05716 ^{ns}	7,6019 ^{ns}	2,8187 ^{ns}	0,7085 ^{ns}	4,8971 ^{ns}	4,8971 ^{ns}	4,4728 ^{ns}	5,2864 ^{ns}	4,9853 ^{ns}	0,9087 ^{ns}
**Erro(a)	4	2,94576	2,90129	2,54953	1,15259	1,14960	1,14960	2,73128	2,72891	3,68687	1,15464
(Parcela)	8										
Fósforo (P)	3	1,4922 ^{ns}	1,5133 ^{ns}	0,0660 ^{ns}	0,3369 ^{ns}	0,4279 ^{ns}	0,4279 ^{ns}	0,0668 ^{ns}	0,1648 ^{ns}	1,1365 ^{ns}	0,5890 ^{ns}
GxP	6	0,3898 ^{ns}	0,6149 ^{ns}	0,5563 ^{ns}	1,0119 ^{ns}	0,2054 ^{ns}	0,2054 ^{ns}	0,3588 ^{ns}	0,4713 ^{ns}	1,0502 ^{ns}	1,3851 ^{ns}
**Erro(b)	18	2,28027	3,57994	0,30223	3,18345	0,55058	0,55058	0,53899	0,65885	0,50373	2,29276
(Sub-parcela)	35										
Nitrogênio (N)	4	1,9640 ^{ns}	0,5189 ^{ns}	1,0665 ^{ns}	4,6015 ^{ns}	0,6497 ^{ns}	0,6497 ^{ns}	2,9860 ^{ns}	3,4094 ^{ns}	1,7721 ^{ns}	6,2274 ^{ns}
GxN	8	2,9240 ^{ns}	3,4473 ^{ns}	0,5829 ^{ns}	3,7262 ^{ns}	0,5778 ^{ns}	0,5778 ^{ns}	0,0998 ^{ns}	0,2740 ^{ns}	0,6908 ^{ns}	2,7862 ^{ns}
PxN	12	3,1080 ^{ns}	1,7703 ^{ns}	0,2504 ^{ns}	2,7645 ^{ns}	0,6922 ^{ns}	0,6922 ^{ns}	0,4257 ^{ns}	0,6940 ^{ns}	0,2031 ^{ns}	1,7072 ^{ns}
GxPxN	24	1,6207 ^{ns}	2,2501 ^{ns}	0,4112 ^{ns}	1,8646 ^{ns}	0,4931 ^{ns}	0,4931 ^{ns}	0,4766 ^{ns}	0,6944 ^{ns}	0,6142 ^{ns}	1,5547 ^{ns}
**Erro(c)	96	2,33397	2,72142	0,40814	2,12657	0,43640	0,43640	0,59595	0,72782	0,54501	1,47635
(Sub-subparcela)	179										
Média geral		77,21	48,86	9,65	37,40	28,35	4,36	8,50	9,17	12,49	48,42
Coef. de Variação		1,9785	3,3762	6,6159	3,8984	3,5425	15,132	9,0729	9,2989	5,9073	2,5091

FDN = Percentagem de Fibra em Detergente Neutro; FDA = Percentagem de Fibra em Detergente Ácido; LIG = Percentagem de Lignina; CEL = Percentagem de Celulose; HEM = Percentagem de hemicelulose; CIN = Percentagem de Cinza; PB = Percentagem de Proteína Bruta; FDN/PB = Fibra em Detergente Neutro baseada na Proteína Bruta; LIG/FDN = Percentagem de Lignina baseada na percentagem da Fibra em Detergente Neutro; CEL/FDN = Relação entre Celulose e Fibra em Detergente Neutro. ** = Significativo em nível de 1 % de probabilidade pelo teste F; * = Significativo em nível de 5 % de probabilidade pelo teste F; ns = não significativo.

Tabela 3. Valores médios das características da composição química para cada genótipo relacionado com as cinco dosagens de nitrogênio em Alegre, ES, 2012-2013.

CARACTERÍSTICAS	GENÓTIPOS	DOSAGENS DE NITROGÊNIO Kg ha ⁻¹				
		0 Kg ha ⁻¹	500 Kg ha ⁻¹	1000 Kg ha ⁻¹	1500	2000 Kg ha ⁻¹
FDN	Guaçu/IZ.2	76,60 a	77,55 a	77,65 a	77,79 a	75,40 a
	Cameroon	77,61 a	77,28 a	77,23 a	76,54 a	77,30 a
	Capim Cana d'África	77,17 a	77,72 a	77,14 a	77,22 a	76,99 a
FDA	Guaçu/IZ.2	47,80 b	48,70 a	49,03 a	49,05 a	48,46 a
	Cameroon	50,07 a	49,05 a	49,38 a	48,83 a	48,99 a
	Capim Cana d'África	48,22 b	48,86 a	48,49 a	49,04 a	48,88 a
LIG	Guaçu/IZ.2	9,11 b	9,48 a	9,82 a	9,76 a	9,20 b
	Cameroon	9,93 a	9,73 a	9,72 a	10,12 a	9,97 a
	Capim Cana d'África	9,17 b	9,65 a	9,68 a	9,73 a	9,70 ab
CEL	Guaçu/IZ.2	37,18 a	37,55 a	37,74 a	37,76 a	36,72 a
	Cameroon	37,49 a	37,29 a	37,44 a	36,36 b	36,93 a
	Capim Cana d'África	37,98 a	37,74 a	37,04 a	37,77 a	37,05 a
HEM	Guaçu/IZ.2	28,79 a	28,85 a	28,61 a	28,73 a	27,93 a
	Cameroon	27,54 a	28,23 a	27,85 a	27,70 a	28,30 a
	Capim Cana d'África	28,95 a	28,86 a	28,65 a	28,18 a	28,10 a
CIN	Guaçu/IZ.2	4,63 a	4,33 a	4,26 a	4,25 a	4,63 a
	Cameroon	4,19 a	4,02 a	4,18 a	4,14 b	3,73 b
	Capim Cana d'África	4,81 a	4,41 a	4,50 a	4,98 a	4,36 ab
PB	Guaçu	8,38 a	8,83 a	9,02 a	8,77 a	9,03 a
	Cameroon	7,72 a	8,19 a	8,48 a	8,44 a	8,56 a
	Capim Cana d'África	7,96 a	8,43 a	8,67 a	8,58 a	8,50 a
FDN/PB	Guaçu/IZ.2	9,19 b	8,86 a	8,71 a	8,94 a	8,52 a
	Cameroon	10,14 a	9,47 a	9,25 a	9,14 a	9,12 a
	Capim Cana d'África	9,73 ab	9,27 a	8,95 a	9,12 a	9,13 a
LIG/FDN	Guaçu/IZ.2	11,88 b	12,21 a	12,63 a	12,54 a	12,04 b
	Cameroon	12,79 a	12,58 a	12,59 a	13,22 a	12,89 a
	Capim Cana d'África	11,89 b	12,41 a	12,54 a	12,59 a	12,60 ab
CEL/FDN	Guaçu/IZ.2	48,52 a	48,41 a	48,59 a	48,53 ab	48,05 a
	Cameroon	49,58 a	48,23 a	48,47 a	47,47 b	47,73 a
	Capim Cana d'África	49,19 a	48,52 a	48,00 a	48,92 a	48,10 a

FDN = Percentagem de Fibra em Detergente Neutro; FDA = Percentagem de Fibra em Detergente Ácido; LIG = Percentagem de Lignina; CEL = Percentagem de Celulose; HEM = Percentagem de hemicelulose; CIN = Percentagem de Cinza; PB = Percentagem de Proteína Bruta; FDN/PB = Fibra em Detergente Neutro baseada na Proteína Bruta; LIG/FDN = Lignina baseada na Fibra em Detergente Neutro; CEL/FDN = Relação entre Celulose e Fibra em Detergente Neutro. Médias seguidas por uma mesma letra verticalmente não diferem estatisticamente, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

Na tabela 4 estão detalhadas as estimativas de quadrados médios para as fontes de variação (FV), devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1º grau e de 2º grau comparativos das estimativas da característica de qualidade de biomassa Fibra em Detergente Neutro (FDN) para os três genótipos (Guaçu/IZ.2, Cameroon e Capim Cana d'África) de capim-

elefante. Observou-se efeito linear significativo de 2º grau ($P < 0,01$) para o genótipo Guaçu com $R^2 = 91,97\%$, ou seja, 91,97% da variação na resposta é explicada pela equação de regressão $y = 76,57 + 0,00261x - 0,00000132x^2$, tendo registrado o valor máximo estimado em 988,63 Kg ha⁻¹ de adubação nitrogenada (figura 1).

Para os genótipos Cameroon e Capim Cana d'África não houve efeito significativo ($p > 0,05$) da adubação nitrogenada sobre a variável resposta FDN.

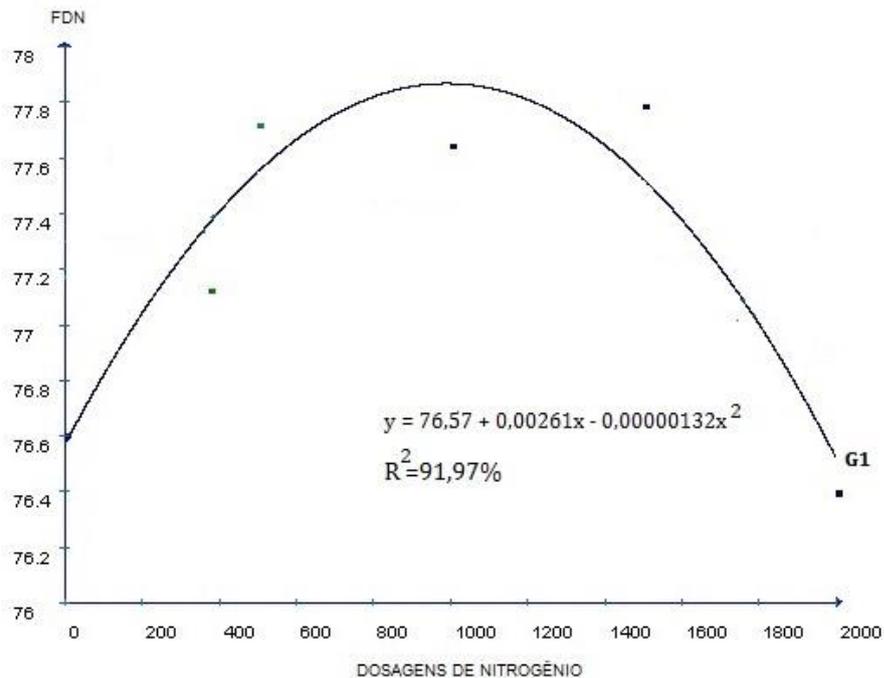


Figura 1 – Curva de 2º grau para a característica Fibra em Detergente Neutro (FDN), obtida para cinco doses de nitrogênio fertilizante para o genótipo Guaçu/IZ.2 (G1).

Tabela 4. Estimativas de quadrados médios para as fontes de variação, devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1º grau e de 2º grau de percentagem da característica da qualidade de biomassa Fibra em Detergente Neutro (FDN) em função das dosagens de N (fertilizante) para os três genótipos de capim-elefante em Alegre, ES, 2012-2013.

GENÓTIPO	FV	GL	1º Grau	R ² (%)	Equação do 1º Grau	GL	2º Grau	R ² (%)	Equação do 2º Grau	Modelo
Guaçu/IZ.2	Regressão	1	0,0360 ^{ns}	17,96	$y=77,23 - 0,000034x$	2	18,4274 ^{**}	91,97	$y= 76,57 + 0,00261x - 0,00000132x^2$	2º Grau
	Desvio	3	20,037 [*]			2	0,8051 ^{ns}			

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

3.1.2.2 Fibra em Detergente Ácido (FDA)

Os valores médios para a característica de percentagem FDA entre os genótipos analisados variaram de 47,80 a 50,07%. Observou-se diferença significativa entre as médias para a ausência de dosagem de adubação nitrogenada, destacando-se a média do genótipo Camerom entre os demais genótipos. Estes valores foram comparáveis àqueles encontrados por Queiroz Filho *et al.* (2000) que em seu experimento, após 100 dias de cultivo do capim-elefante cultivar Roxo, encontraram valores percentuais de 48 % para FDA (Fibra de Detergente Ácida), Parente *et. al* (2012) que em suas pesquisas sobre capim-elefante em município de Chapadinha, Região do Baixo Parnaíba, encontraram valores entre 40,53 de teor de FDA, Campos *et al.* (2002) que registraram valores próximos de 42% do teor de FDA, Santos *et al.* (2003) que encontraram, em gramíneas tropicais na zona da mata de Pernambuco, valores dos teores de FDA entre 36 e 38% nas variedades Mott e Pioneiro, respectivamente, e Barbé (2012), que pesquisando sobre o teor de FDA no genótipo Mole de Volta Grande encontrou o valor 49,72. Com relação às estimativas de quadrados médios para as fontes de variação (FV) relativas à FDA, devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1º e 2º grau não foi encontrado nenhum efeito linear significativo.

3.1.2.3 Lignina (LIG)

A lignina é o material aglutinante do tecido das plantas e sua produção aumenta conforme fica mais velha. Sua macromolécula é muito complexa e de natureza amorfa, sendo um polímero de caráter fenólico. Apresenta estrutura entrecruzada e é mais abundante em madeiras suaves. (Penedo, 2002)

Foram encontrados valores de teores de lignina que variaram de 9,11 a 10,12%. Observou-se diferença significativa entre as médias para a ausência de dosagem de adubação nitrogenada, destacando-se a média do genótipo Camerom entre os demais genótipos. O genótipo Camerom apresentou diferença significativa em relação à média do genótipo Guaçu/IZ.2, na dosagem de 2000 Kg ha⁻¹. Rossi (2010) encontrou valor de 10,5% sem diferenças significativas entre as médias para o capim-elefante com 304 dias de idade.

Zanetti (2010), com plantas de 180 dias de idade, encontrou valores de 5,9 a 13% com inoculação e de 6,9 a 13,1% sem inoculação. Morais *et al.* (2009) em um experimento com cinco genótipos de capim-elefante cultivados em Ponta Ubú, Anchieta-ES, com plantas de 180 dias de idade, encontraram valores de 9 a 9,7%. Para produção de carvão, as altas taxas de ligninas constituem um problema, pois elevam os teores de potássio nas cinzas do carvão produzido. (Flores, 2009).

As Estimativas de quadrados médios para as fontes de variação (FV) relativas à LIG, devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1º e 2º grau, se encontram na tabela 5. Foi destacado um efeito linear significativo de 2º grau ($P < 0,01$) para o genótipo Guaçu/IZ.2 em relação ao teor LIG, com $R^2 = 94,59\%$, ou seja, 94,59%, da variação na resposta que pode ser explicada pela equação de regressão $y = 9,06 + 0,013911x - 0,00000065x^2$, com um máximo estimado em $1070,07 \text{ Kg ha}^{-1}$ de dosagem nitrogenada (figura 3). Na figura 4 observou-se a tendência crescente da LIG em função do aumento da adubação nitrogenada para o genótipo Capim Cana d'África.

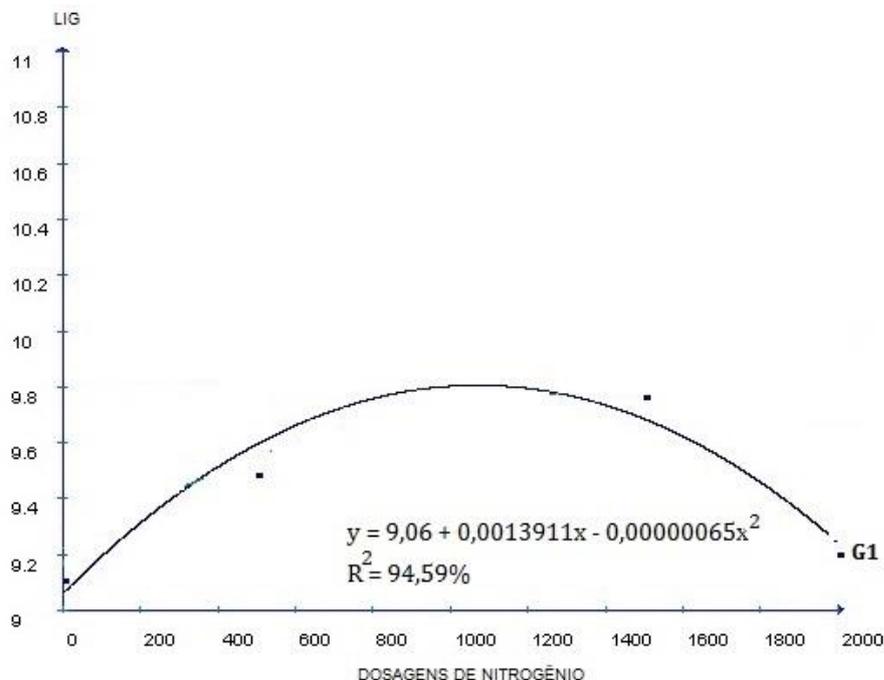


Figura 3 – Curva de 2º grau para a característica Lignina (LIG) em função de cinco doses de nitrogênio fertilizante para o genótipo Guaçu/IZ.2 (G1).

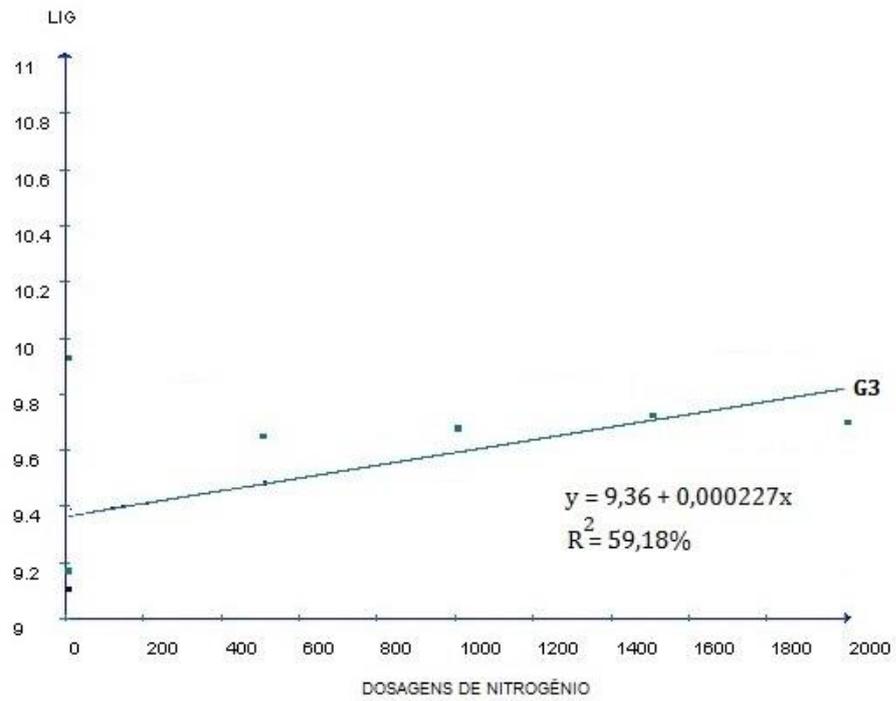


Figura 4 – Curva de 1º grau para a característica Lignina (LIG) em função de cinco doses de nitrogênio fertilizante para o genótipo Capim Cana d'África (G3).

Tabela 5. Estimativas de quadrados médios para as fontes de variação, devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1º grau e de 2º grau de percentagem da característica da qualidade de biomassa lignina (LIG) em função das dosagens de N (fertilizante) para os três genótipos de capim-elefante em Alegre, ES, 2013.

GENÓTIPO	FV	GL	1º Grau	R ² (%)	Equação do 1º Grau	GL	2º Grau	R ² (%)	Equação do 2º Grau	Modelo
Guaçu (G1)	Regressão	1	0,2650 ^{ns}	5,35	$y=9,38 + 0,000094x$	2	2,3409 ^{**}	94,59	$y= 9,06 + 0,0013911x - 0,00000065x^2$	2º Grau
	Desvio	3	1,5614 ^{**}			2	0,1337 ^{ns}			
Capim Cana-d'África (G3)	Regressão	1	1,5481 [*]	59,18	$y=9,36 + 0,000227x$	2	1,1919 ^{ns}	91,13	$y= 9,22 + 0,00079x - 0,0000028x^2$	1º Grau
	Desvio	3	0,3558 ^{ns}			2	0,1159 ^{ns}			

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

3.1.2.4 Celulose (CEL)

Segundo Penedo (2002), a celulose é um polissacarídeo de elevado peso molecular, formado por unidades de D-glucose com uniões 1-4- β glucosídicas, com as uniões de glucose em conformação de cadeia e os grupos hidroxilos na posição equatorial estável. A molécula é alongada e plana, sem ramificações. Seu grau de polimerização oscila entre 7000 e 10000. As correntes poliméricas de celulose agrupam-se formando microfibras.

Foram encontrados valores de teores de celulose que variaram de 36,72 a 37,98%. Observou-se diferença significativa entre as médias para a dosagem de adubação nitrogenada (1500 kg ha^{-1}), destacando-se a média do genótipo Camerom entre os demais genótipos como de menor valor. Rossi (2010) encontrou teores de celulose (CEL) com valores entre 32,0 (Três Rios) e 38,7% ('Napier'), não sendo constatadas diferenças entre as médias. Quesada *et al.* (2005) encontraram valores de CEL acima de 40%. Morais *et al.* (2009) encontraram valores de 33,8 a 35,8%.

As Estimativas de quadrados médios para as FV relativas às CEL, devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1º e 2º grau, se encontram na tabela 6.

Na figura 5 encontra-se o gráfico (1ª grau) comparativo das estimativas da característica de qualidade de biomassa CEL para o genótipo Camerom. Fica destacada a redução do teor de celulose com o aumento da adubação nitrogenada.

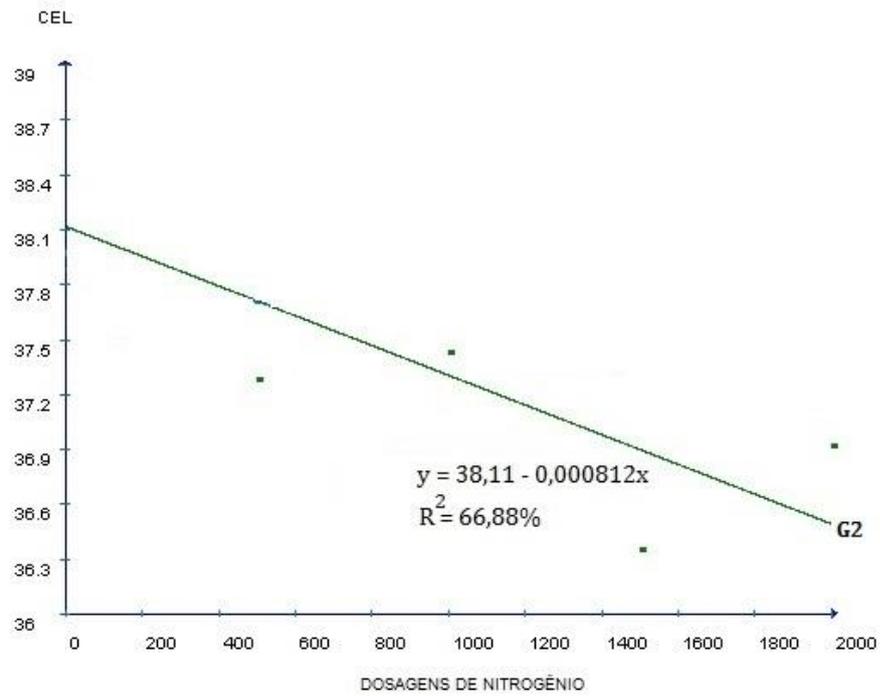


Figura 5 – Curva de 1º grau para a característica Celulose (CEL) em função de cinco doses de nitrogênio fertilizante para o genótipo G2=Cameroon.

Tabela 6. Estimativas de quadrados médios para as fontes de variação, devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1º grau e de 2º grau de percentagem da característica da qualidade de biomassa Celulose (%CEL) em função das dosagens de N (fertilizante) para os três genótipos de capim-elefante em Alegre, ES, 2013.

GENÓTIPO	FV	GL	1º Grau	R ² (%)	Equação do 1º Grau	GL	2º Grau	R ² (%)	Equação do 2º Grau	Modelo
Cameroon (G2)	Regressão	1	19,780**	66,88	$y=38,11 - 0,000812x$	2	12,180**	82,37	$y= 38,44 - 0,002132x + 0,00000066x^2$	2º Grau
	Desvio	3	3,2637 ^{ns}			2	2,6054 ^{ns}			

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

3.1.2.5 Hemicelulose (HEM)

A hemicelulose (HEM) está constituída por um grupo de polissacarídeos menos homogêneos que a celulose, a saber: xilanos, β - mananos, galactanos e L – arabinanos. Os xilanos são mais abundantes no material lignocelulósico. São de natureza amorfa e estruturas ramificadas. Os graus de polimerização são inferiores aos da celulose (50-300) e são facilmente hidrolisáveis em meio ácido. Os mananos são os principais constituintes da hemicelulose das madeiras suaves. Suas correntes poliméricas têm contido glucose e manosa com ramificações laterais formadas por unidades de galactose. (Penedo, 2002)

Foram encontrados valores de teores de hemicelulose que variaram de 27,54 a 28,95%, sem diferenças estatísticas significativas, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste Tukey. Barbé (2012) avaliando capim-elefante, encontrou valores que variaram de 28,58% (genótipo Cubano da Pinda) a 29,77% (genótipo Mercker 86 – México). Da mesma forma, Fava (2008) encontrou valores que variaram em média de 30,62% a 38,62%. Valores estes que ficaram próximos aos valores encontrados neste trabalho.

As estimativas de quadrados médios para as FV relativas às HEM, devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1º e 2º grau são apresentadas na tabela 7. Foram destacados efeitos lineares significativos de 1º grau $P < 0,05$ e $P < 0,01$ para os genótipos Guaçu/IZ.2 e Capim Cana d'África respectivamente. Para o genótipo Guaçu com $R^2 = 60,22\%$, ou seja, 60,22% da variação na resposta que pode ser explicada pela equação de regressão $y = 28,95 - 0,000368x$ e para o genótipo Capim Cana d'África com $R^2 = 93,85\%$, ou seja, 93,85% da variação na resposta que pode ser explicada pela equação de regressão $y = 29,02 - 0,000476x$. As declividades de Guaçu/IZ.2 e Capim Cana d'África apresentam diminuição da HEM com aumento do nível da adubação nitrogenada.

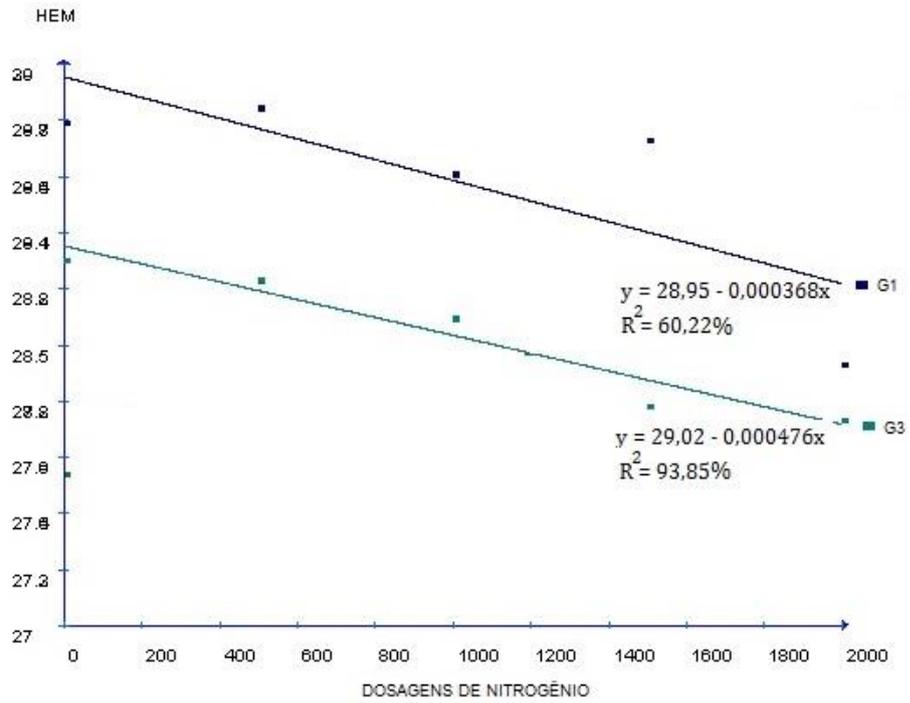


Figura 6 – Curvas de 1º grau para a característica Hemicelulose (HEM) em função de cinco doses de nitrogênio fertilizante para os genótipos G1=Guaçu/IZ.2 e G3=Capim Cana d'África

Tabela 7. Estimativas de quadrados médios para as fontes de variação, devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1º grau e de 2º grau de percentagem da característica da qualidade de biomassa Hemicelulose (HEM) em função das dosagens de N (fertilizante) para os três genótipos de capim-elefante em Alegre, ES, 2013.

GENÓTIPO	FV	GL	1º Grau	R ² (%)	Equação do 1º Grau	GL	2º Grau	R ² (%)	Equação do 2º Grau	Modelo
Guaçu (G1)	Regressão	1	4,0700*	60,22	$y=28,95 - 0,000368x$	2	1,5621 ^{ns}	83,34	$y= 28,76 + 0,00043x - 0,00000039x^2$	1º Grau
	Desvio	3	0,8954 ^{ns}			2	0,5628 ^{ns}			
Capim Cana- d'África (G3)	Regressão	1	6,8115**	93,85	$y=29,02 - 0,000476x$	2	0,0399 ^{ns}	94,4	$y= 28,99 - 0,00035x + 0,00000006x^2$	1º Grau
	Desvio	3	0,1486 ^{ns}			2	0,9465 ^{ns}			

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

3.1.2.6 Cinzas (CIN)

As cinzas de biomassa constituem os resíduos consoantes os componentes vegetais combustados, o uso de aditivos, a aplicação de pré-tratamentos, a tecnologia e a temperatura de combustão, bem como, com o tempo e as condições de armazenamento em geral, a cinza de biomassa caracteriza-se por possuir elevados teores de Ca, K e Mg e, em menor medida, de P (Demeyer *et al.*, 2001 & Etiegni & Campbell, 1991).

Foram encontrados valores percentuais de teores de cinzas (CIN) que variaram de 3,73 a 4,98%. Observou-se diferença significativa entre as médias para a dosagem de adubação nitrogenada (1500 kg ha^{-1}), destacando-se a média do genótipo Camerom entre os demais genótipos como de menor valor. Rossi (2010) encontrou valores que variaram de 1,0 a 9,5%. Quesada (2004) encontrou valores de 2,0 a 3,0%. Morais *et al.* (2009) encontraram valores de 3,0 a 3,8% com CV de 13,2%.

3.1.2.7 Proteína Bruta (PB)

As proteínas são as moléculas orgânicas mais abundantes e importantes nas células. Segundo Taiz & Zeiger (2009), as membranas celulares dos vegetais são bicamadas de fosfolipídios que contêm proteínas (aminoácidos ligados entre si por ligações peptídicas), sendo que a elas estão associadas três tipos principais: integrais periféricas e ancoradas.

Foram encontrados valores percentuais de teores de Proteína Bruta (PB) que variaram de 7,72 a 9,03%. Com relação às cinco dosagens de nutriente mineral nitrogênio, a característica de composição química PB não diferiu estatisticamente, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste Tukey, para nenhum dos genótipos avaliados.

Santos *et al.* (2001) encontraram o valor média 7,50%. Silva & Leão (1979) encontraram o valor de 7,00%. Cabral *et al.* (2006) encontraram valores que variaram de 6,45 a 14,25% (na seca) e de 9,70 a 18,17% (nas águas). Meinerz *et al.* (2011) avaliando a produção e o valor nutritivo da forragem de capim-elefante cultivado em sistemas convencional e agroecológico, encontraram valores

que variaram de 12,54 a 20,17% (Agroecológico) e de 11,36 a 17,16% (Convencional).

As estimativas de quadrados médios para as FV relativas às percentagens da Proteína Bruta (PB), devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1º e 2º grau, se encontram na tabela 8. Foi destacado um efeito linear significativo de 2º grau com $P < 0,01$ para G2 e $P < 0,05$ para G3. Para G2, com $R^2 = 96,21\%$, ou seja, 96,21% da variação na resposta podem ser explicadas pela equação de regressão $y = 7,74 + 0,000969x - 0,00000029x^2$, com um máximo estimado em 1.670,68 Kg ha⁻¹ de dosagem nitrogenada e para o genótipo G3 em relação ao teor PB, com $R^2 = 97,26\%$, ou seja, 97,26% da variação na resposta podem ser explicadas pela equação de regressão $y = 7,97 + 0,0010766x - 0,00000041x^2$, com um máximo estimado em 1312,92 Kg ha⁻¹ de dosagem nitrogenada.

Na figura 7 encontram-se os gráficos (2º grau) comparativos das estimativas da característica de qualidade de biomassa, percentagem da PB para os três genótipos Cameroon e Capim Cana d'África.

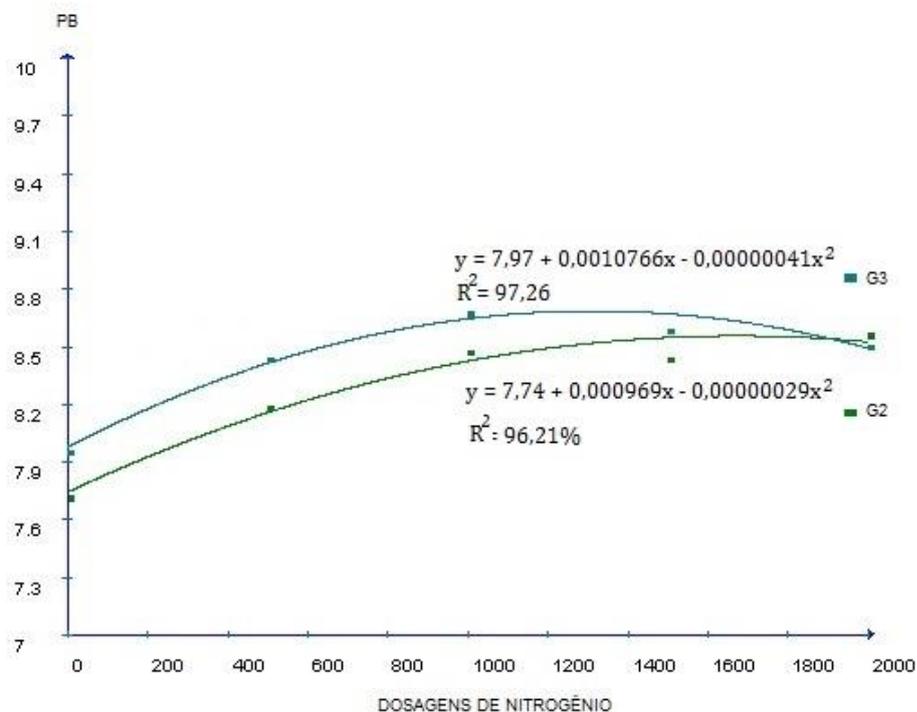


Figura 7 – Gráfico estimativo das curvas de 2º grau para a característica Proteína Bruta (PB), em função de cinco doses de nitrogênio fertilizante para os genótipos Cameroon (G2) e Capim Cana d'África (G3).

Tabela 8. Estimativas de quadrados médios para as fontes de variação, devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1º grau e de 2º grau de percentagem da característica da qualidade de biomassa de Proteína Bruta (PB) em função das dosagens de N (fertilizante) para os três genótipos de capim-elefante em Alegre, ES, 2013.

GENÓTIPO	FV	GL	1º Grau	R ² (%)	Equação do 1º Grau	GL	2º Grau	R ² (%)	Equação do 2º Grau	Modelo
Cameroom	Regressão	1	4,5513**	80,55	$y=7,89 + 0,000389x$	2	0,8845**	96,21	$y= 7,74 + 0,000969x - 0,00000029x^2$	2º Grau
	Desvio	3	1,0985**			2	0,1070 ^{ns}			
Capim Cana-d'África	Regressão	1	1,8525 ^{ns}	49,32	$y=8,18 - 0,000248x$	2	1,8263*	97,26	$y= 7,97 + 0,0010766x - 0,00000041x^2$	2º Grau
	Desvio	3	1,9029 ^{ns}			2	0,0514 ^{ns}			

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

3.1.2.8 Relação FDN/PB

A relação FDN/PB, de uma forma geral, tende a se aproximar da razão C/N (razão entre o total de carbono sobre o total de nitrogênio contido em um material orgânico). Assim, a relação FDN/PB pode ser considerada um indicador estimativo importante ao informar o quão de carbono está relacionado à parte nitrogenada assimilada pela planta no material analisado.

Foram encontrados valores da relação FDN/PB que variaram de 8,52 a 10,14%. Observou-se diferença significativa entre as médias para a ausência de dosagem de adubação nitrogenada. O Capim Cana d'África não diferiu do Cameroon na dose 0, porém Guaçu diferiu do Cameroon, indicando o potencial destes 2 genótipos na ausência de adubação nitrogenada.

As estimativas de quadrados médios para as FV à relação FDN/PB, devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1º e 2º grau, se encontram na tabela 9.

Na figura 8 encontra-se o gráfico de 1º grau comparativo das estimativas da característica de qualidade de biomassa relação FDN/PB, para o genótipo Cameroon. Foi destacada a diminuição da relação FDN/PB com aumento das dosagens nitrogenadas.

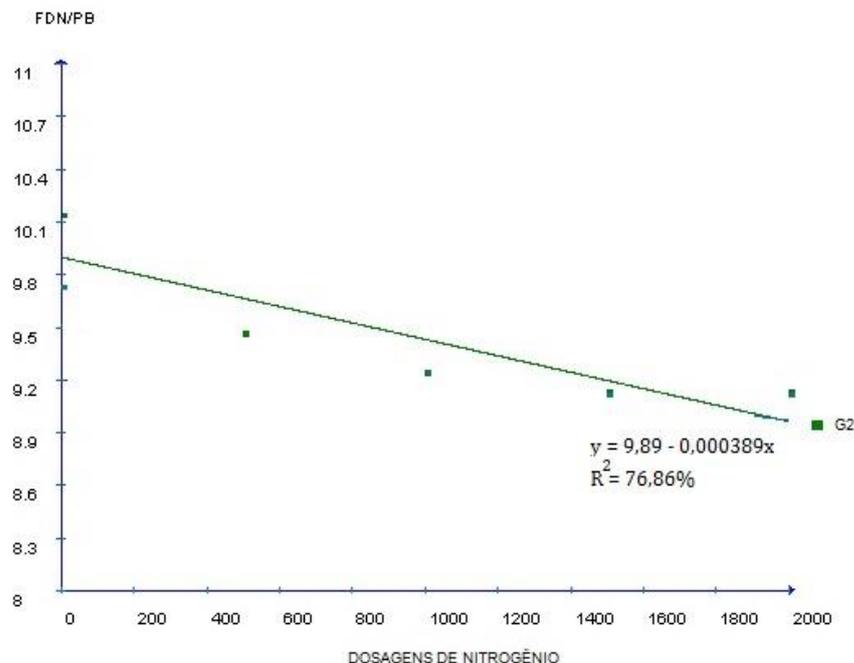


Figura 8 – Curva de 1º grau para a característica relação FDN/PB, em função de cinco doses de fertilizante nitrogenado para o genótipo Cameroon (G2).

Tabela 9. Estimativas de quadrados médios para as fontes de variação, devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1º grau e de 2º grau da característica da qualidade de biomassa da relação entre a percentagem de Fibra em Detergente Neutro e a percentagem da Proteína Bruta (FDN/PB) em função das dosagens de N (fertilizante) para os três genótipos de capim-elefante em Alegre, ES, 2013.

GENÓTIPO	FV	GL	1º Grau	R ² (%)	Equação do 1º Grau	GL	2º Grau	R ² (%)	Equação do 2º Grau	Modelo
Cameroon	Regressão	1	6,5613**	76,86	$y=9,89 - 0,000389x$	2	6,5613 ^{ns}	98,17	$y= 10,10 - 0,0013x + 0,00000042x^2$	1º Grau
	Desvio	3	0,6582 ^{ns}			2	0,0779 ^{ns}			

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

3.1.2.9 Relação LIG/FDN

A relação LIG/FDN indica quantas partes de lignina há por partes de FDN no material analisado. Foram encontrados valores da relação LIG/FDN que variaram de 11,88 a 13,22%. Observou-se diferença significativa entre as médias para a ausência de dosagem de adubação nitrogenada, destacando-se a média do genótipo Camerom entre os demais genótipos. No entanto, com adubação nitrogenada de 2000 Kg ha⁻¹, o genótipo Camerom diferiu de Guaçu.

As estimativas de quadrados médios para as FV à relação LIG/FDN, devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1º e 2º grau, se encontram na tabela 10. Foi destacado um efeito linear significativo de 2º grau (P<0,01) para o genótipo Guaçu/IZ.2 em relação à LIG/FDN, com R²=92,30%, ou seja, 92,30% da variação na resposta podem ser explicadas pela equação de regressão $y = 11,82 + 0,001379x - 0,00000062x^2$, com um máximo estimado em 1112,09 Kg ha⁻¹ de dosagem nitrogenada e para o genótipo Capim Cana d'África em relação à LIG/FDN, com R²=96,04%, ou seja, 96,04 % da variação na resposta podem ser explicadas pela equação de regressão $y = 11,92 + 0,000967x - 0,00000032x^2$, com um máximo estimado em 1510,96 Kg ha⁻¹ de dosagem nitrogenada (figura 9).

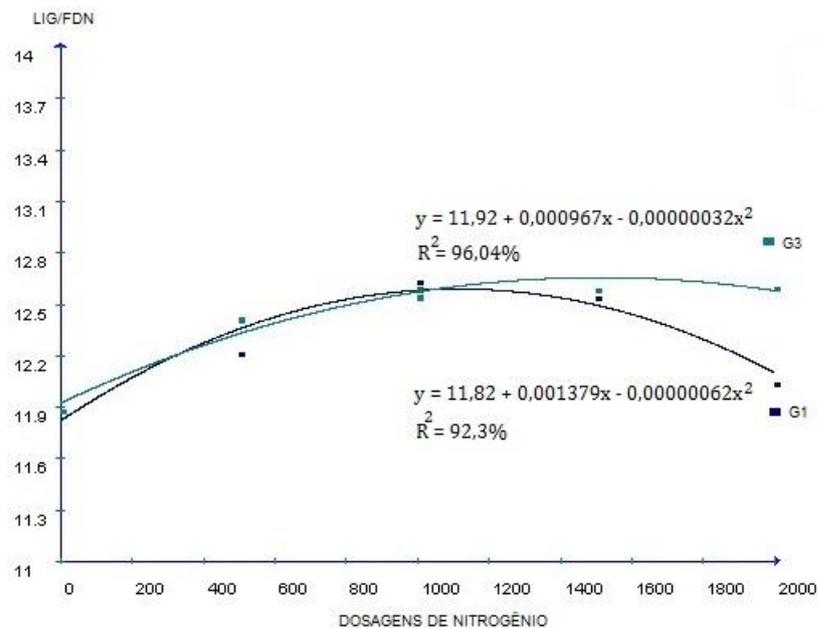


Figura 9 – Curvas de 2º grau para a característica relação LIG/FDN, em função de cinco doses de fertilizante nitrogenado para os genótipos Guaçu/IZ.2 (G1) e Capim Cana d'África (G3).

Tabela 10. Estimativas de quadrados médios para as fontes de variação, devido à regressão e aos desvios de regressão para os modelos lineares de 1º grau e de 2º grau da característica da qualidade de biomassa da relação entre a percentagem de Lignina e a percentagem da Fibra em Detergente Neutro em termos percentuais (LIG/FDN) em função das dosagens de N (fertilizante) para os três genótipos de capim-elefante em Alegre, ES, 2013.

GENÓTIPO	FV	GL	1º Grau	R ² (%)	Equação do 1º Grau	GL	2º Grau	R ² (%)	Equação do 2º Grau	Modelo
Guaçu	Regressão	1	0,5083 ^{ns}	10,19	$y=12,13 + 0,00013x$	2	4,0953 ^{**}	92,3	$y= 11,82 + 0,001379x - 0,00000062x^2$	2º Grau
	Desvio	3	1,4929 ^{ns}			2	0,1918 ^{ns}			
Capim Cana-d'África	Regressão	1	3,0880 ^{ns}	70,88	$y=12,08 + 0,00032x$	2	1,0961 ^{**}	96,04	$y= 11,92 + 0,000967x - 0,00000032x^2$	2º Grau
	Desvio	3	0,4228 ^{ns}			2	0,0861 ^{ns}			

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

3.1.2.10 Relação CEL/FDN

A relação CEL/FDN indica quantas partes de Celulose há por partes de Fibra em Detergente Neutro nas amostras analisadas. Foram encontrados valores da relação CEL/FDN que variaram de 47,47 a 49,58%. Observou-se diferença estatística entre as médias, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste Tukey na dosagem de adubação nitrogenada de 1500 Kg ha⁻¹ onde o genótipo Camerom diferencia do genótipo Capim Cana d'África, porém ambos não diferem do genótipo Guaçu/IZ.2.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

O planeta vive um momento de expectativa em relação ao uso de energia. A energia de origem fóssil é limitada e agride ao meio ambiente provocando o efeito estufa. O uso da biomassa vegetal é uma alternativa amplamente pesquisada por cientista em todo mundo. O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é uma forrageira tropical que vem se destacando junto à comunidade científica e política pelos ótimos resultados que vem apresentando como fonte de biomassa para geração de energia.

O Capim-elefante cultivado em ambiente apropriado e controlado apresenta alta eficiência na fixação do gás carbônico da atmosfera durante o processo de fotossíntese. Por ser uma poácea de metabolismo C4, cresce rapidamente, otimiza o uso da água e energia solar, elevando assim a produção de biomassa.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de nutrientes minerais nitrogênio e fósforo sobre a qualidade da biomassa por meio das características de sua composição química tais como; teores de fibra de detergente neutra (FDN), fibra de detergente ácido (FDA), lignina, celulose, hemicelulose, cinzas, proteína bruta, relação entre a FDN e a PB, a relação entre lignina e fibra de detergente neutro e a relação entre as partes de celulose e fibra de detergente neutro das amostras, em três genótipos de capim-elefante (Guaçu/IZ.2,

Cameroon e Capim Cana d'África), para fins energéticos na região do município de Alegre, sul do estado do Espírito Santo.

Assim, observou-se o que se segue:

- a) Os teores de FDN foram altos para todos os genótipos avaliados, e variaram de 75,40 a 77,79%, apresentando características desejáveis para o uso na geração de energia;
- b) Os teores de FDA foram altos para todos os genótipos avaliados, e variaram de 47,80 a 50,07%, apresentando características desejáveis para o uso na geração de energia. Observou-se diferença significativa entre as médias para a ausência de dosagem de adubação nitrogenada, destacando-se a média do genótipo Cameroon entre os demais genótipos;
- c) Os teores de lignina variaram de 9,11 a 10,12%, não apresentando características indesejáveis para o uso na geração de energia. Observou-se diferença significativa entre as médias para a ausência de dosagem de adubação nitrogenada, destacando-se a média do genótipo Cameroon entre os demais genótipos.;
- d) As doses de nitrogênio promoveram efeito quadrático sobre o teor de FDN para o genótipo Guaçu/IZ.2. O valor máximo ocorreu para a dose de 988 kg de nitrogênio por hectare;
- e) As doses de nitrogênio promoveram efeito quadrático sobre o teor de LIG para o genótipo Guaçu/IZ.2. O valor máximo ocorreu para a dose de 1070,07 kg de nitrogênio por hectare;
- f) As doses de nitrogênio promoveram efeito linear de 1º grau sobre o teor de LIG para o genótipo Capim Cana d'África. Pôde ser observada estimativa crescente do teor de LIG em relação ao aumento da adubação nitrogenada;
- g) As doses de nitrogênio promoveram efeito linear de 1º grau sobre o teor de CEL para o genótipo Cameroon. Pôde ser observada estimativa decrescente do teor de CEL em relação ao aumento da adubação nitrogenada;
- h) As doses de nitrogênio promoveram efeito linear de 1º grau sobre o teor de HEM para os genótipos Guaçu/IZ.2 e Capim Cana d'África. Pôde ser observada estimativa decrescente do teor de HEM em

relação ao aumento da adubação nitrogenada para os dois genótipos;

- i) As doses de nitrogênio promoveram efeito quadrático sobre o teor de PB para os genótipos Capim Cana d'África e Camerom. Os valores máximos ocorreram para as doses de 1312,92 e 1670,68 kg de nitrogênio por hectare respectivamente;
- j) As doses de nitrogênio promoveram efeito linear de 1º grau sobre a relação FDN/PB para o genótipo Camerom. Pôde ser observada estimativa decrescente da relação FDN/PB em relação ao aumento da adubação nitrogenada;
- k) A relação LIG/FDN variou de 11,88 a 13,22%. Observou-se diferença significativa entre as médias para a ausência de dosagem de adubação nitrogenada, destacando-se a média do genótipo Camerom entre os demais genótipos.
- l) As doses de nitrogênio promoveram efeito quadrático sobre a relação LIG/FDN para os genótipos Guaçu e Capim Cana d'África. Os valores máximos ocorreram para as doses de 1112,09 e 1510,96 kg de nitrogênio por hectare respectivamente.

Em função dos resultados obtidos neste trabalho, pôde-se concluir que:

- Possibilidade de se obter biomassa de capim-elefante com qualidades adequadas para fins energéticos, sem a necessidade de adubação nitrogenada e fosfatada nos solos da região do município de Alegre, região sul do estado do Espírito Santo.
- Ficou destacado que o genótipo Cameroon foi o que melhor se adaptou às condições edafoclimáticas do experimento, e mostrou ser o mais promissor para fins energéticos e que, portanto, é o mais recomendado como cultura para a região do experimento, visando o uso energético, quando comparado com os demais genótipos avaliados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbé, T. C. (2012) **Varição de Caracteres Morfoagronômicos, Fisiológicos e da Qualidade da Biomassa Energética do Capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) em Função da Idade da Planta.** Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes-RJ.
- BEES. (2012) Balanço Energético do Espírito Santo. Governo do Estado do Espírito Santo, ano base 2011.
- Cabral, L. C.; Bhering, M.; Abreu, J. G.; Reverdito, R.; Pereira, G. A. C.; Kaiser, J.; Miranda, L.; Zerdvoudakis, J. T.; Souza, A.L. (2006) **Teores de Proteína Bruta e FDN do CapimElefante Roxo Obtido em Diferentes Idades de Corte na Baixada Cuiabana.** ZOOTEC – 22 a 26 de maio de 2006 – Centro de Convenções de Pernambuco.
- Campos, F. B. de; Lanna, D. P. D.; Bose, M. L. V.; Boin, C.; Sarmiento, P. (2002) **Degradabilidade do capim-elefante em diferentes estágios de maturidade avaliada pelo método in vitro/gás.** *Scientia Agricola*, v.59, p.217-225.
- Cargnelutti Filho, A.; Storck, L. (2007) **Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho.** *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.42, n.1, p.17-24, jan.
- Cruz, C. D. (2013) **GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics.** *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 35, n. 3, p. 271-276, July-Sept.

- Demeyer, A.; Voundi Nkana, J.C. & Verloo, M.G. (2001) **Characteristics of wood ash and influence on soil properties and nutrient uptake: an overview.** *Bioresource Technology* 77: 287-295.
- Etiegni, L. & Campbell, A. G. (1991) **Physical and chemical characteristics of wood ash.** *Bioresource Technology* 37:173-178.
- Flores, R. A. (2009) **Produção de Capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) para fins energéticos no cerrado: resposta a adubação nitrogenada e idade de corte.** Dissertação, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, p.66.
- Flores, R. A.; Urquiaga, S.; Alves, B. J. R.; Collier, L. S.; Zanetti, J. B.; Prado, R. M. (2013) **Nitrogênio e idade de corte na qualidade da biomassa de capim-elefante para fins agroenergéticos cultivado em Latossolo.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 34, n. 1, p.127-136, jan/fev.
- Garcia, C.H. (1989) **Tabelas para classificação coeficiente de variação.** Piracicaba: Ipef, 12p. (Circular técnica, 171).
- Lima, J. S. S.; Silva, S. A.; Oliveira, R. B.; Cecílio, R. A.; Xavier, A.C. (2008) **Variabilidade temporal da precipitação mensal em Alegre-ES.** Rev. Ciên. Agron., Fortaleza, v.39, n. 02, p. 327-332, Abr.-Jun.
- Meinerz, G. R.; Olivo, C. J.; Agnolin, C. A.; Dullius, A. P.; Moraes, R. S.; Mombach, G.; Foletto, V.; Machado, P. R. (2011) **Produção e valor nutritivo da forragem de Capim-elefante em dois sistemas de produção.** Revista Brasileira de Zootecnia, v.40, n. 12, p. 2673-2680.
- Mertens, D. R. (1996) **Formulating dairl rations: using fiber and carbohydrate analysis to formulate dairy rations:** In INFORMATION CONFERENCE WITH DAIRY AND FORAGE INDUSTRIES, Madison. Proceedings. Madison: U.S. Dairy Forage and Reseach Center, p.81-92.

- Morais, R. F.; Zanetti, J. B.; Pacheco, B. M.; Jantália, C. P.; Boddey, R. C.; Alves, B. J. R.; Urquiaga, S. (2009) **Produção e qualidade da biomassa de diferentes genótipos de capim-elefante cultivados para uso energético.** Revista Brasileira de Agroecologia, v. 4, n. 2.
- Parente, H. N.; Bandeira, J. R.; Rodrigues, R. C.; Oliveira, M.; Parente, M.; Tosta, X. M.; Silva Junior, O. R. (2012) Crescimento e valor nutritivo do capim-elefante submetido à adubação orgânica e mineral. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável* (RBAS), v.2, n.2., p.132-141, Dezembro.
- Paterlini, E. M.; Arantes, M. D. C.; Gonçalves, F. G.; Vidaurre, G. B.; Oliveira Bauer, M.; Moulin, J. C. (2013) **Evaluation of elephant grass for energy use.** Journal of Biotechnology and Biodiversity, Vol 4, N. 2; pp. 119-125, may.
- Pimentel Gomes, F. (1990) **Curso de estatística experimental.** 13.ed. Piracicaba: Nobel.
- Rossi, D. A. (2010) **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.
- Santos, E. A.; Silva, D. S.; Queiroz Filho, J. L. (2001) **Composição Química do Capim-Elefante cv. Roxo Cortado em Diferentes Alturas.** Revista Brasileira de Zootecnia, 30(1): 18-23.
- Santos, M. V. F.; Dubeux Jr., J. C. B.; Silva, M. C.; Santos, S. F.; Ferreira, R. L. C.; Mello, A. C. L.; Farias, I.; Freitas, E. V. (2003) **Produtividade e composição química de gramíneas tropicais na zona da mata de Pernambuco.** Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 821-827.

- Santos, R. L. (2011) **Produção de biomassa de capim elefante como fonte alternativa de energia em Pernambuco**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos solos), Universidade Federal Rural de Pernambuco (PE).
- Silva, J. C.; Leão. M. I. (1979) **Fundamentos de Nutrição dos Ruminantes**. Piracicaba, Livroceres, p.190-236.
- Taiz, L.; Zeiger, E. (2009) **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 6p.
- Zanetti, J. B.; Morais, R. F.; Leite, J. M.; Soares, L. H.; Jantalia, C. P.; Alves, B. J. R.; Urquiaga, S.; Boddey, R.M. (2009) **Produção e Qualidade da Biomassa de Genótipos de Capim-Elefante para uso como Fonte de Energia**. Rev. Bras. De Agroecologia/nov. Vol. 4 No. 2.
- Zanetti, J. B. (2010) **Identificação de Genótipos de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach) de Alta Produção de Biomassa com Qualidade para Fins Energéticos**. Dissertação (Mestrado em Ciências, Fictotecnia), Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-RJ.
- Werner, J. C. (1986) **Adubação de pastagens**. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 49p. (IZ. Boletim Técnico, 18).

ANEXO – I

CROQUI DA ÁREA EXPERIMENTAL

Bloco III					Bloco II					Bloco I				
G3N3P4	G3N1P4	G3N2P4	G3N4P4	G3N0P4	G2N4P3	G2N0P3	G2N3P3	G2N2P3	G2N1P3	G2N2P3	G2N4P3	G2N1P3	G2N0P3	G2N3P3
G3N1P3	G3N4P3	G3N3P3	G3N0P3	G3N2P3	G2N2P4	G2N0P4	G2N3P4	G2N1P4	G2N4P4	G2N4P2	G2N0P2	G2N3P2	G2N2P2	G2N1P2
G3N3P1	G3N4P1	G3N0P1	G3N2P1	G3N1P1	G2N0P1	G2N4P1	G2N1P1	G2N3P1	G2N2P1	G2N1P1	G2N2P1	G2N0P1	G2N3P1	G2N4P1
G3N0P2	G3N2P2	G3N1P2	G3N4P2	G3N3P2	G2N4P2	G2N2P2	G2N0P2	G2N3P2	G2N1P2	G2N4P4	G2N1P4	G2N3P4	G2N2P4	G2N0P4
G1N2P3	G1N4P3	G1N0P3	G1N1P3	G1N3P3	G3N2P1	G3N3P1	G3N4P1	G3N1P1	G3N0P1	G1N3P2	G1N4P2	G1N2P2	G1N0P2	G1N1P2
G1N0P1	G1N4P1	G1N1P1	G1N3P1	G1N2P1	G3N2P2	G3N0P2	G3N1P2	G3N3P2	G3N4P2	G1N0P1	G1N2P1	G1N3P1	G1N1P1	G1N4P1
G1N3P2	G1N2P2	G1N4P2	G1N0P2	G1N1P2	G3N3P3	G3N2P3	G3N4P3	G3N0P3	G3N1P3	G1N3P3	G1N4P3	G1N2P3	G1N1P3	G1N0P3
G1N4P4	G1N1P4	G1N0P4	G1N3P4	G1N2P4	G3N0P4	G3N3P4	G3N2P4	G3N1P4	G3N4P4	G1N1P4	G1N0P4	G1N4P4	G1N3P4	G1N2P4
G2N0P4	G2N1P4	G2N2P4	G2N3P4	G2N4P4	G1N0P2	G1N4P2	G1N2P2	G1N3P2	G1N1P2	G3N3P3	G3N4P3	G3N1P3	G3N2P3	G3N0P3
G2N2P2	G2N4P2	G2N0P2	G2N1P2	G2N3P2	G1N4P3	G1N1P3	G1N3P3	G1N2P3	G1N0P3	G3N0P4	G3N4P4	G3N2P4	G3N1P4	G3N3P4
G2N1P1	G2N4P1	G2N2P1	G2N3P1	G2N0P1	G1N2P1	G1N0P1	G1N3P1	G1N1P1	G1N4P1	G3N4P2	G3N3P2	G3N0P2	G3N2P2	G3N1P2
G2N0P3	G2N2P3	G2N3P3	G2N4P3	G2N1P3	G1N4P4	G1N2P4	G1N0P4	G1N1P4	G1N3P4	G3N2P1	G3N3P1	G3N1P1	G3N0P1	G3N4P1
Área I					Área II					Área III				

Nas Parcelas

G1 – Guaçu IZ.2

G2 – Cameroon-Piracicaba

G3 – Capim Cana D'África

Nas Sub-parcelas

P1 – 50 Kg ha⁻¹ de P₂O₅P2 – 100 Kg ha⁻¹ de P₂O₅P3 – 200 Kg ha⁻¹ de P₂O₅P4 – 400 Kg ha⁻¹ de P₂O₅

Nas Sub-subparcelas

N0 – 0 Kg ha⁻¹ de NN1 – 500 Kg ha⁻¹ de NN2 – 1000 Kg ha⁻¹ de NN3 – 1500 Kg ha⁻¹ de NN4 – 2000 Kg ha⁻¹ de N

**TRABALHO II – VIABILIDADE ECONÔMICA DE RISCO VISANDO
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM TRÊS GENÓTIPOS DE CAPIM-ELEFANTE
EM ALEGRE-ES.**

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar a viabilidade econômica da produção biomassa de três genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* **Schum**) para fins energéticos no município de Alegre-ES, bem como identificar o risco por meio da simulação de Monte Carlo. Os indicadores econômicos foram obtidos por meio do cálculo do Valor Presente Líquido (VPL), da Taxa Interna de Retorno (TIR) e do Índice de Rentabilidade (IR). Para determinar o grau de incerteza utilizou-se análise de sensibilidade. Os resultados indicaram viabilidade para todos os genótipos, com destaque para o Guaçu/IZ2 com TIR de 17,79%. A variação do preço de venda do capim gera maior impacto na rentabilidade, seguido do custo da mão-de-obra e da adubação. O risco de insucesso foi relativamente baixo, com exceção do Capim Cana D'África 38,16%. Destacou-se entre os genótipos analisados, o genótipo Guaçu como o de melhor viabilidade econômica.

Palavras Chave: viabilidade econômica, adubação, biomassa e capim-elefante.

ABSTRACT

The aim of this study was to analyze the economic feasibility of biomass production three genotypes of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum) for energy purposes in the municipality of Alegre-ES, as well as identify risk through Monte Carlo simulation. The economic indicators were obtained by calculating the Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR) and Profitability Index (RI). In determining the uncertainty was used sensitivity analysis. The results indicated viability for all genotypes, highlighting the Guaçu/IZ2 with IRR of 17.79%. The variation of the sales price of the grass generates greater impact on profitability, followed by the cost of hand labor and fertilizer. The risk of failure was relatively low, with the exception of grass Cana D'Africa 38.16%. Stood out among the genotypes analyzed, Guaçu genotype as the best economic viability.

Keywords: economic viability, fertilization, biomass and elephant grass.

1. INTRODUÇÃO

A grande disponibilidade de energia solar, bem como terras agricultáveis e recursos hídricos no sul do estado do Espírito Santo favorecem ao cultivo da poácea capim-elefante voltada para produção de biomassa.

A participação das energias renováveis na Matriz Energética Brasileira é de 44,1%, considerado um alto patamar quando comparado a outros países (Brasil, 2012). O aumento da demanda de energia renovável tem despertado grandes interesses por investidores, que buscam conhecer à viabilidade econômica de projetos a serem desenvolvidos neste setor.

Poucas são as pesquisas de análise econômicas, sobre a realização de projetos, voltadas para utilização da biomassa de capim-elefante para fins energéticos na região sul capixaba. Tal empreendimento constitui um desafio para agros investidores.

Os riscos e a incertezas são elementos que influenciam a alocação de recursos financeiros para agricultores. Assim, toda ação que visa minimizar os riscos de investimento é desejável. Da mesma forma, a viabilidade de um sistema de produção depende do adequado manejo na sua condução, fundamentada em análises econômicas dos insumos aplicados, para que se possa tomar a decisão mais apropriada.

Faz-se necessário indicar a taxa de rentabilidade esperada, assim como, fornecer os elementos que permitam medir o grau de confiança associada à taxa de retorno vinculada ao projeto.

A importância da análise de viabilidade econômica do capim-elefante se fundamenta no fato de se poder medir a variação da produtividade visando o seu aumento com um mínimo de custo associado, otimizando assim o sistema como um todo. Na análise financeira têm-se como base, as estimativas de fluxos de caixa onde as variáveis envolvidas nos sistema são previsíveis e conduzem a indicadores financeiros determinísticos.

Na análise de viabilidade econômica, busca-se identificar gargalos que geram possibilidades de inviabilizar o êxito do projeto e assim neutraliza-los, fazendo com que o seu objetivo possa ser atingido de forma eficaz e eficiente, não dependendo do acaso e sim das ações concretas e efetivas baseadas nos estudos realizados.

Neste contexto, este trabalho objetivou-se determinar a viabilidade econômica e o risco de insucesso da biomassa de três genótipos de capim-elefante na região de Alegre, sul do estado do Espírito Santo, para fins energéticos, mediante o cálculo do valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), Índice de rentabilidade (IR), análises de sensibilidade e de risco.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e características edafoclimáticas da região

O presente trabalho de pesquisa foi realizado com o material genético doado pelo programa de melhoramento na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro Banco, sendo as mudas oriundas de um experimento realizado no Colégio Estadual Agrícola Antônio Sarlo, em Campos dos Goytacazes, região norte do estado do Rio de Janeiro, (21°45'32"S e 41°20'32"O) e instalado nas dependências do Instituto Federal do Espírito Santo – campus de Alegre, em abril de 2010, na região sul do estado do Espírito Santo, 20°45'57,9" S, longitude de 41°27'23,93" W e altitude de 126 m, sendo essas informações obtidas pelo DATUM-SIRGAS 2000. Segundo a classificação internacional de Köppen, o clima da região do plantio é do tipo "Cwa", ou seja, tropical quente e úmido, com inverno frio e seco, temperatura média anual de 23,1°C e precipitação total anual média de 1341 mm (Lima, 2008).

Foram colhidas amostras de solo, na profundidade de 0-20 cm para fazer análise granulométrica, cujos resultados foram: Areia 76,25%; Silte 2,51% e Argila 21,23%. Os resultados de análise química do solo amostrados na profundidade de 0-20 cm foram: pH em água de 5,96; H + Al, Ca, Mg, CTC(T) de 1,93; 1,5; 0,53; 4,16 cmol dm⁻³, respectivamente, P de 19 mg dm⁻³, K de 67 mg dm⁻³.

2.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi um Delineamento em Bloco Casualizado (DBC), num esquema de parcelas sub-subdivididas para verificar os potenciais de três cultivares de capim-elefante (Guaçu/IZ.2, Cameroon e

Capim Cana D'África), sob cinco níveis de adubação nitrogenada e quatro de adubação fosfatada, com três repetições para cada tratamento.

A área experimental foi formada por 36 linhas de 12 m cada uma, sendo que 3,0 m das extremidades de cada linha de plantio serviram como bordadura e o espaçamento entre linhas foi de 1,5 m e cada bloco formado por 60 unidades experimentais de 2,40 m de extensão linear. O plantio dos colmos foi disposto em linha nos sulcos, no sistema pé com ponta. Posteriormente, fez os cortes dos colmos com aproximadamente de 50 a 60 cm de tamanho dentro do sulco de plantio e foram cobertos com 3 cm de solo. Nas Sub-subparcelas foram aplicadas cinco doses de adubação nitrogenada (0, 250, 500, 1000 e 2000 Kg ha⁻¹ de ureia) fracionada durante o ciclo da cultura por cinco vezes (em 05 de março de 2011, 13 de outubro de 2011, 31 de janeiro de 2012, 17 de março de 2012 e 21 de abril de 2012). Nas subparcelas foram aplicadas quatro doses de adubação fosfatada (50, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅) usando fertilizante superfosfato simples.

Os três genótipos testados foram: G1 - Guaçu/IZ.2 (de procedência original de Nova Odesa-SP); G2 - Camerom – Piracicaba (de procedência original de Piracicaba – ESALQ); G3 - Capim Cana D'África (de procedência de Linhares-ES).

O experimento foi instalado em 22 de abril de 2010. Foram realizados dois cortes de uniformização devido a fatores climáticos, bem como, a falhas encontradas no plantio. O primeiro corte de uniformização foi feito em 19 de outubro de 2010 (decorridos 180 dias do plantio) e um segundo corte de uniformização realizado em 02 de março de 2011. O primeiro corte de avaliação foi realizado em 29 de agosto de 2010 (180 dias após o último corte de uniformização), o segundo corte de avaliação foi realizado em 25 de junho de 2011 (300 dias após o primeiro corte) e o terceiro corte de avaliação para obtenção das características da composição química da biomassa foi realizado em 22 de dezembro de 2011.

2.3. Análises de viabilidade econômica

A análise da viabilidade econômica iniciou-se com a construção dos fluxos de caixa, que após isso, foi possível o cálculo dos indicadores de rentabilidade relacionados às atividades em questão.

Segundo Noronha (1987), as receitas e despesas de recursos financeiros num determinado projeto, ao longo do tempo, representam seu fluxo de caixa. As receitas efetivas formam os fluxos de entrada e os dispêndios efetivos formam os fluxos de saída em que o diferencial é dado por fluxo líquido.

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

Matematicamente, os métodos VPL e TIR sempre levarão às mesmas decisões de aceitar ou rejeitar projetos independentes porque, se o VPL for positivo, a TIR (taxa interna de retorno) será superior a k , onde o “ k ” refere-se à taxa de desconto quando o VPL se iguala a zero, ou seja, $k = \text{TIR}$ (Brigham & Houston, 1999).

O VPL (Valor Presente Líquido) é o método mais indicado pelos acadêmicos. Já a TIR (Taxa Interna de Retorno) é preferida pelos executivos e empresários, porque estes analisam os investimentos em termos de taxas percentuais como faz o mercado financeiro. (Lemes Júnior, 2002).

O VPL é expresso da seguinte forma:

$$VPL = CF_0 + \frac{CF_1}{(1+k)^1} + \frac{CF_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+k)^n} = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde;

CF_t = constitui o fluxo de caixa líquido esperado no período t ;

k = taxa de desconto.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa de desconto que iguala o valor presente de fluxos de entrada de caixa com o investimento inicial associado a um projeto. Em outras palavras, é a de desconto que iguala o VPL de uma oportunidade de investimento igual à zero (Gitman, L. J., 2001).

O VPL é positivo quando as taxas de desconto são inferiores à TIR e é negativo quando as taxas de desconto estão acima da TIR. Isto quer dizer que aceitar um projeto é o mesmo que ter a taxa de desconto inferior à TIR e concomitantemente o VPL positivo (Ross et al., 2002).

Assim, matematicamente representa-se a TIR conforme equação:

$$CF_0 + \frac{CF_1}{(1+TIR)^1} + \frac{CF_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+TIR)^n} = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+TIR)^t} = 0 \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde;

CF_t = constitui o fluxo de caixa líquido esperado no período t;

TIR = taxa interna de retorno.

A TIR é um indicador da rentabilidade do projeto, e deve ser comparada com a taxa mínima de atratividade (TMA) do investidor. A TMA é a taxa correspondente à melhor remuneração que poderia ser obtida com o emprego do capital em um investimento alternativo. Segundo Souza & Clemente (2006), a TMA é a melhor taxa, com o menor risco, disponível para a aplicação do capital em análise. Para a tomada de decisão sempre haverá duas opções de investimento, uma será o projeto e a outra a TMA. A base para se estabelecer uma taxa mínima de atratividade é a taxa de juros exercida no mercado ou estimada para o mercado, diante da situação presente.

2.3.2. Índice de rentabilidade (IR)

O índice de rentabilidade (IR) é definido como sendo a razão entre o valor presente de fluxos de caixa subsequentes ao investimento e o investimento inicial. O IR mede o resultado “por real aplicado”, ou seja, o valor criado por real investido. Para um índice de rentabilidade ($IR > 1$), tem-se um projeto economicamente viável, e significa que quando há limitação de capital, pode fazer sentido alocar o capital aos projetos com maiores $IR(s)$ (Ross *et al.*, 2000).

2.3.3. Análise de sensibilidade

Para tomada de decisão, deve-se levar em conta que muitos fatores afetam o orçamento de um projeto. Preços de insumos e produtos apresentam variações probabilísticas. Não é fácil prever em que níveis estarão os preços no futuro. Vários fatores externos e internos afetam ao processo. Para estimativas sobre o contexto foi utilizado o método da análise de sensibilidade.

A análise de sensibilidade consiste em escolher o indicador a sensibilizar; determinar sua expressão em função dos parâmetros e variáveis escolhidas; por meio de um programa de computação obtêm-se os resultados a partir da introdução dos valores dos parâmetros na expressão. Faz-se a simulação e verifica-se de que forma e em que proporções essas variáveis afetam o resultado em termos de probabilidades (Ponciano *et al.*, 2004).

2.3.4. Técnicas de simulação

Para realização das simulações, optou-se pelo método de simulação de Monte Carlo, o qual tem como base a geração de números aleatórios. O método de Monte Carlo tem como base a distribuição de variáveis contínua de probabilidade. Segundo Triola (1999), a função de distribuição de variáveis contínua $y = F(x)$ é a soma das probabilidades de todos os valores possíveis que a variável x pode assumir até o valor de x propriamente dito. Uma variável aleatória contínua (x) pode assumir qualquer valor fracionário dentro de um intervalo definido de valor.

Para uma variável aleatória discreta, a esperança matemática é dada como:

$$E(x) = x_1P(x_1) + x_2P(x_2) + \dots + x_nP(x_n) = \sum_{i=1}^n x_iP(x_i) \quad (\text{Eq. 3})$$

A função densidade de probabilidade é dada por: $y = \frac{e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}}{\sigma\sqrt{2\pi}}$ em que μ

é a média da distribuição e σ é o desvio padrão da distribuição. Uma distribuição normal padronizada que tem média 0 e o desvio padrão igual a 1, com resultados tabelados, onde z a variável normal padronizada, é dada por:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (\text{Eq. 4})$$

Para a elaboração de um modelo de fluxo de caixa, utilizou-se a simulação de Monte Carlo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fluxos de caixa foram estruturados a partir das entradas e saídas dos recursos estimados em dados coletados na região do experimento, com um horizonte de tempo para cinco anos. Verificou-se uma relação entre os custos e a rentabilidade estimada de matéria seca, conforme tabela 2, sendo que o mercado local paga o preço médio de R\$ 41,82 (quarenta e um reais e oitenta e dois centavos) por tonelada de matéria seca de capim-elefante para fins energéticos.

Tabela 2. Custo e Rentabilidade estimada na matéria seca (capim-elefante), plantado por hectare na região sul do estado do Espírito Santo, município de Alegre/ES, 2013.

Genótipos	Custo e Rentabilidade estimada na matéria seca (MS)	
	Custo em R\$/ha	Rentabilidade estimada em R\$
Guaçu/IZ.2	3.196,18	3.615,03
Cameroon	3.196,18	3.504,84
Capim Cana d'África	3.196,18	3.320,00

Fonte: Dados da Pesquisa

Segundo Santos (2013), avaliando o efeito da adubação nitrogenada e fosfatada na produção de matéria seca no presente experimento, observou que os nutrientes minerais (nitrogênio e fósforo) não geraram, de uma maneira geral, variações relevantes para o processo produtivo e que a produção média de matéria seca da biomassa do genótipo Guaçu/IZ.2 foi 14,1567 t ha⁻¹, do Cameroon foi 13,2277 t ha⁻¹ e do Cana d'África Capim foi 11.5592 t ha⁻¹.

A análise de sensibilidade revelou que, nos sistemas propostos, a estimativa do preço de venda é a que mais causa impacto na rentabilidade. As variáveis tais como o sistema de cultivo, a mão de obra e os insumos agrícolas foram considerados importantes para o sucesso do empreendimento em função de suas relevâncias ligadas aos custos do empreendimento. O valor presente líquido com horizonte de planejamento, segundo a pesquisa, apresentou-se positivo, para todas as taxas de desconto consideradas. Para definir a taxa mínima de atratividade (TMA) de 9% a.a, considerou-se o custo do capital próprio e valor próximo da média da evolução da taxa Selic, no período entre os

anos 2008 e 2012. Em ordem de importância, os genótipos que apresentaram maiores valores presentes foram: Guaçu/IZ.2, Cameroon e Capim Cana D'África respectivamente. Os indicadores de rentabilidade obtidos para os três genótipos analisados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Valor Presente líquido e Taxa Interna de Retorno referente ao plantio do Capim-elefante na região de Alegre, sul do estado do Espírito Santo em 2013.

Genótipos	Valor Presente Líquido (R \$)						TIR
	1,50%	3,00%	4,50%	6,00%	7,50%	9,00%	
Guaçu/IZ.2	1.365,52	1203,04	1.049,69	904,81	767,78	638,06	17,79%
Cameroon	1.065,69	913,89	770,62	635,26	507,24	386,04	14,39%
Capim Cana d'África	629,66	493,75	365,47	244,27	129,65	21,14	9,31%

Fonte: Dados da Pesquisa

Com base nos valores estimados para as TIR(s), todas as atividades são recomendadas, pois apresentaram valores superiores à taxa mínima de atratividade (TMA) igual a 9,0%. Levando em consideração a ordem de importância, verificou-se o que se segue: Guaçu/IZ.2 com TIR=17,79% , Cameroon com TIR=14,39% e Capim Cana D'África com TIR=9,31%.

Para o genótipo Guaçu/IZ.2 estimou-se para TIR=17,79%, para Cameroon TIR=14,39% e para Capim Cana D'África TIR=9,30%. Os comportamentos decrescentes dos VPL(s) relacionados às respectivas TMA(s) para Guaçu, Cameroon e Cana d'África são mostrados nas figuras numeradas de 1 a 3.

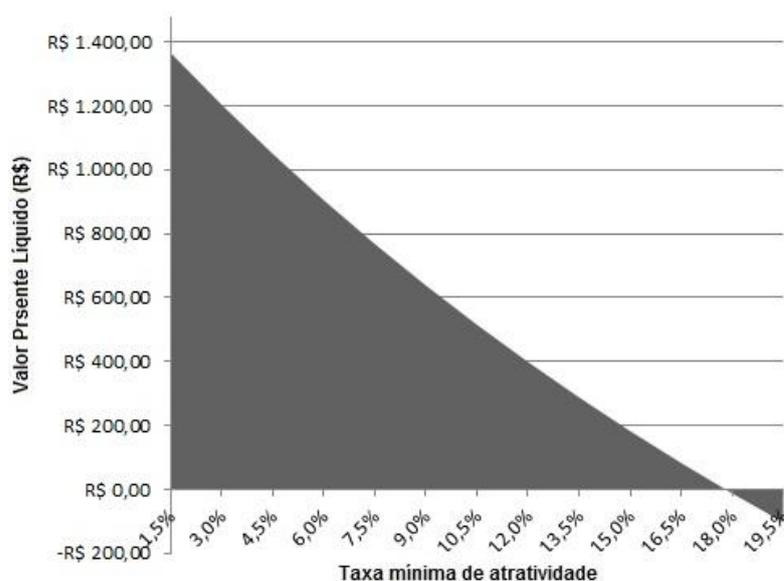


Figura 1. Respostas do VPL com a TMA relativa ao genótipo Guaçu/IZ.2.

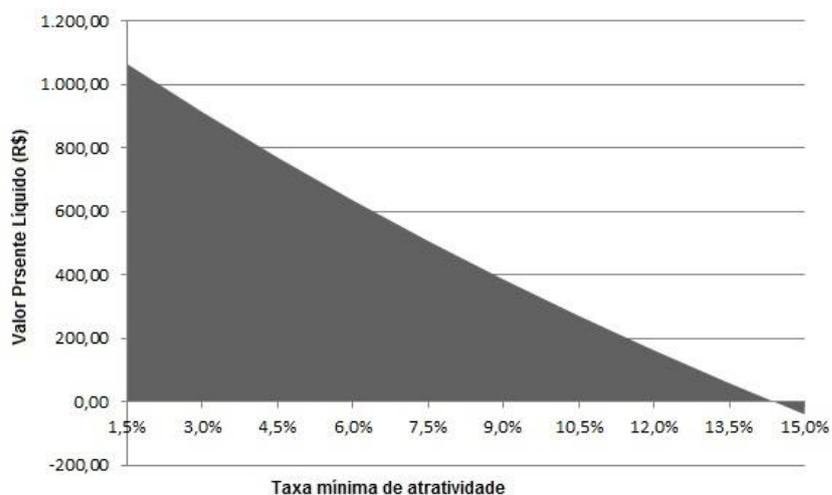


Figura 2. Respostas do VPL com a TMA relativa ao genótipo Capim Cana d'África.

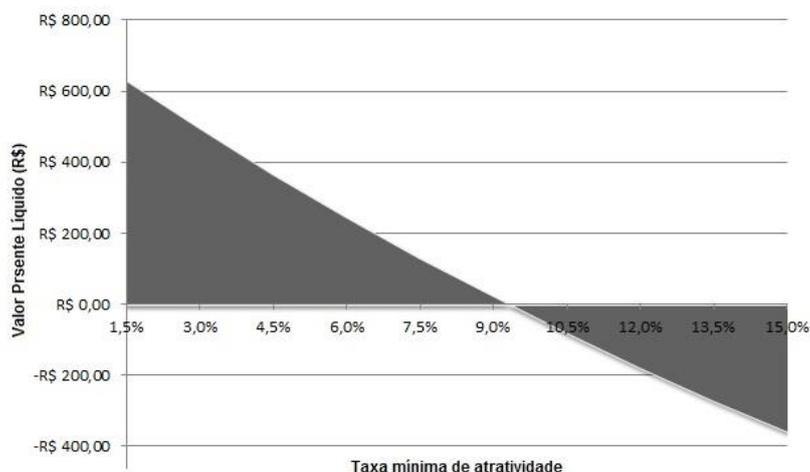


Figura 3 - Respostas do VPL com a TMA relativa ao genótipo Cameroon.

Na Simulação de Monte Carlo, o valor do VPL estimado para o genótipo Guaçu/IZ.2 foi de R\$ 418,85 para uma TIR de 13,63%, para o genótipo Cameroon, foi de R\$ 306,66 para uma TIR de 11,94% e para o genótipo Capim Cana d'África, foi de R\$ 121,82 para uma TIR de 9,31%.

As distribuições de probabilidade acumulada dos valores presentes líquidos referentes aos genótipos Cameroon e Capim Cana d'África foram mais baixos do que o genótipo Guaçu/IZ.2. A probabilidade estimada para valores

presentes líquidos negativos ($VPL < 0$) do genótipo Guaçu foi 1,8%, do genótipo Cameroon foi 5,49% e do genótipo Capim Cana d'África foi 38,16%. A estimativa do VPL do genótipo Guaçu/IZ.2 foi superior às estimativas dos VPL(s) dos genótipos Cameroon e Capim Cana d'África. Portanto, o risco de insucesso foi relativamente baixo, com exceção do Capim Cana D'África 38,16%.

A distribuição de probabilidade acumulada do valor presente líquido obtido na Simulação de Monte Carlo é mostrada na figura 4. É importante observar que trata-se de uma simulação. Portanto, os fluxos de caixa estimados estão sujeitos ao erro. No entanto, não se deve deixar de valorizar as informações adquiridas, pois em muito contribuem para tomada de decisão.

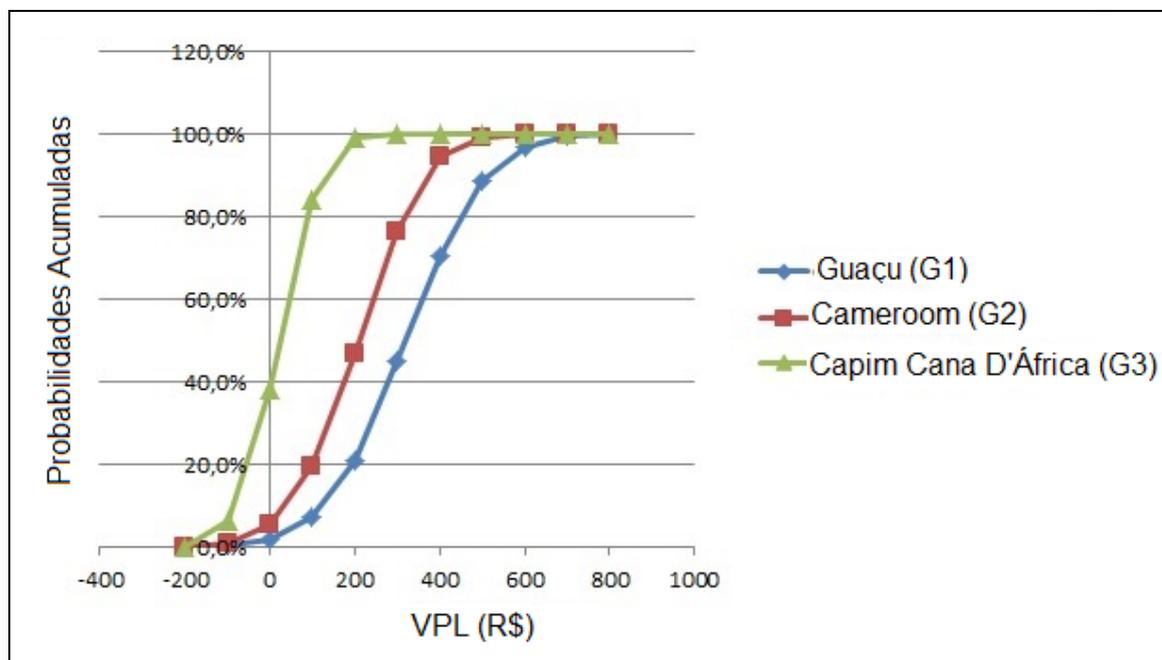


Figura 4 – Distribuição de probabilidade acumulada do valor presente líquido (VPL) obtido na Simulação de Monte Carlo dos genótipos Guaçu/IZ.2, Cameroon e Capim Cana D'África em Alegre-ES

Os índices de rentabilidade (**IR**) estimados, em ordem de importância, foram os seguintes: para o genótipo Guaçu o valor de 1,131, para o Cameroon o valor de 1,096 e para o Capim Cana d'África o valor de 1,038.

As projeções futuras dos fluxos de caixas, por serem estimativas, estão sujeitas a significância de resultados. A determinação das estimativas de riscos

foram limitadas, pois além dos riscos econômicos, foram considerados os riscos de ordem climática da região, onde foi realizado o empreendimento.

4. CONCLUSÕES

Todos os genótipos de capim-elefante analisados mostraram-se viáveis economicamente. O risco de insucesso foi relativamente baixo, com exceção do genótipo Capim Cana D'África com 38,16%. Destacou-se como o de melhor viabilidade econômica e de menor risco de insucesso para fins energéticos no município de Alegre-ES o genótipo Guaçu/IZ.2.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

Brasil. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2012 – Ano base 2011: Síntese do Relatório Final Rio de Janeiro: EPE, 2012.

Brigham, E. F. & Houston, J. F. **Fundamentos da moderna administração financeira**. Tradução de Maria Imilda da Costa e Silva. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação, 1999. 412 p

- Gitman, L. J. **Princípios de administração financeira – essencial**; tradução: Jorge Titter. 2. Ed. – Porto Alegre: Bookman, 2001.
- Lemes Junior, A. B.; RIGO, C.M.; CHEROBIM, A.P.M. **Administração Financeira: princípios, fundamentos e práticas brasileiras**. Rio de Janeiro: Campus, 2002.
- Lima, J. S. DE S.; Silva, S. DE A.; Oliveira, R. B. DE; Cecílio, R. A.; Xavier, A. C. **Variabilidade temporal da precipitação mensal em Alegre – ES**. Ver. Ciên. Agron., Fortaleza, v.39, n. 02, 2008. p. 327 -332.
- Noronha, J.F. **Projetos agropecuários: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica**. 2 ed. São Paulo, Atlas, 1987. 269p.
- Ponciano, N.J.; Souza, P. M.; Costa Mata, H. T.; Vieira, J. R.; Morgado, I. F. **Análise de viabilidade econômica e de risco da fruticultura na região norte fluminense**. Ver. Econ. Social Rural, vol. 42, nº 4, Brasília, 2004.
- Ross, S. A.; Westerfield, R.W.; Jordan, B. D.; tradução Andrea Maria Accioly Fonseca Minardi; revisão técnica Antonio Zorato Sanvicente. **Princípios de Administração Financeira**. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- Ross, S. A.; Westerfield, R.W.; Jaffe, J.F.; tradução Antonio Zoratto Sanvicente. **Administração financeira**. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- Santos, M. M. P. **Efeito da adubação nitrogenada e fosfatada em três cultivares de capim-elefante para fins energéticos no sul do Espírito Santo**. Tese de doutorado em Produção Vegetal, CCTA, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), RJ, 2013.
- Triola, M. F. **Introdução a Estatística**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC Editora S.A. 1999. 96p.

Weston, J. F.; Brigham, E. F. **Fundamentos da Administração Financeira.**
São Paulo: MAKRON Books, 2000.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Nesta tese foram apresentados dois trabalhos com o objetivo de estudar o efeito da adubação nitrogenada e fosfatada na composição química de genótipos de capim-elefante para uso energético e a viabilidade econômica de risco. O experimento foi montado nas dependências do Instituto Federal do Espírito Santo, no Campus de Alegre, região sul do Espírito Santo, com três genótipos de capim-elefante (Guaçu/IZ.2, Camerom e Capim Cana d'África). O delineamento experimental utilizado foi o de Bloco Casualizado (DBC), num esquema de parcelas sub-subdivididas. Avaliaram-se os genótipos com cinco doses de adubação nitrogenada (0, 250, 500, 1000 e 2000 Kg ha⁻¹ como ureia) e quatro doses de adubação fosfatada (50, 100, 200, 400 Kg ha⁻¹ como super-fosfato simples) com três repetições. Este experimento iniciou-se em 22 de abril de 2010 e foi concluído em 18 de janeiro de 2013.

No primeiro trabalho, objetivou-se avaliar os efeitos da adubação nitrogenada e fosfatada sobre as frações químicas e nutricionais da biomassa de genótipos de capim elefante utilizados para geração de energia. Para realização das análises das características das composições químicas (frações químicas e nutricionais) da biomassa do capim-elefante, após o último corte, o material foi pesado, picado e colocado separadamente em sacos de papel, os quais foram

encaminhados diretamente para estufa de circulação forçada a 65°C por 72 horas. Em seguida, as amostras foram pesadas e moídas em moinho tipo Wiley com peneiras de crivos de 1 mm e acondicionadas em recipiente hermeticamente fechado para serem analisadas. As frações químicas e nutricionais (Mertens, 1996) foram avaliadas pelo Laboratório de Análise de alimentos da Embrapa Gado de Leite - Coronel Pacheco – MG. Análises estatísticas foram realizadas com as variáveis da composição química e verificaram-se que: a) Os teores de Fibra em detergente Neutro e Fibra em Detergente Ácido variaram entre 75,40 a 77,79% e 47,80 a 50,07% respectivamente, valores que qualificam a biomassa para fins energéticos; b) As doses de nitrogênio promoveram efeito quadrático sobre os teores de FDN e LIG para o genótipo Guaçu/IZ.2, linear crescente de 1º grau sobre o teor de LIG para o genótipo Capim Cana D'África e linear de 1º grau decrescente sobre o teor de CEL para o genótipo Camerom; c) Os teores de lignina para os genótipos variaram de 9,11 a 10,12%, características desejáveis para o uso na geração de energia; d) A relação LIG/FDN mostrou que o genótipo Camerom, sob efeito da adubação nitrogenada crescente, apresentou maior tendência em acumular maior quantidade de lignina que os demais genótipos. Fator desejável para geração de energia com qualidade.

No segundo trabalho, objetivou-se determinar mediante o cálculo do Valor Presente Líquido e da taxa de retorno da análise sensibilidade, e do método de Monte Carlo, a rentabilidade e risco da cultura do Capim-elefante na região sul capixaba. As informações para compor os coeficientes técnicos utilizados na montagem do fluxo de caixa da cultura do Capim-elefante foram obtidas através de registros realizados durante o experimento e projetados por mais dois anos por estimativas, totalizando cinco anos.

Com os dados obtidos, pode-se concluir que todos os genótipos analisados foram viáveis economicamente. Destacou-se o genótipo Guaçu/IZ.2 como o de melhor viabilidade econômica e de menor risco de insucesso na região sul capixaba.

Assim, verificou-se que há possibilidades de se obter biomassa de capim-elefante com qualidades para fins energéticos, sem a necessidade de adubação nitrogenada e fosfatada. Verificou-se também que o genótipo Camerom se destacou qualitativamente entre os demais genótipos, porém economicamente o genótipo Guaçu/IZ.2 foi o mais promissor para região sul capixaba.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abebe, E. (2007) *Technical assessment on viability of integrated fruits processing in Ethiopia. Thesis (Master of Science in Food Engineering) Chemical Engineering Department - ADDIS ABABA UNIVERSITY – Ethiopia.*
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. (2006) 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: 10 mai. 2013.
- Alcântara, P. B. & Bufarah, G. (1999) *Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas.* São Paulo, Editora Nobel, 162p. 2ª ed.
- Andrade, A.C.; Fonseca D.M.; Lopes, R.S.; Júnior, D.N.; Cecon, P.R.; Queiroz, D.S.; Pereira,D.H.; e Reis, S.T. (2005) Análise de crescimento do capim-elefante 'napier' adubado e irrigado. *Revista Ciência Agrotécnica, Lavras*, v.29, n.2,p.415-423.
- Andreucci, M. P. (2007) *Perdas nitrogenadas e recuperação aparente de nitrogênio em fontes de adubação de capim-elefante.* Dissertação

(mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo – escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 204p.

- Anghinoni, I. (1986) Adubação nitrogenada nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: SANTANA, M.B.M. *Adubação nitrogenada no Brasil*. Ilhéus: CEPLAC/SBCS.
- Aerieira, C. R. D.; Dos Santos Morita, D. A.; Aieira, J. O.; Codato, J. M. (2008) Análise da viabilidade econômica para produção de flores em Umuarama, noroeste do Paraná. *Revista Agro@ambiente On-line*, v. 2, n. 2, p. 33-41 jul-dez.
- Baena, E. S. (2005) A rentabilidade econômica da cultura de eucalipto e sua contribuição ao agronegócio brasileiro. *Conhecimento Interativo*, São José dos Pinhais, PR, v. 1, n. 1, p. 3-9, jul./dez. 2005.
- BEES. (2012) Balanço Energético do Espírito Santo. Governo do Estado do Espírito Santo, ano base 2011.
- Bernardino, F.S.; Garcia, R.; Rocha, F. C.; Souza, A. L.; Pereira, O. G. Produção e características do efluente e composição bromatológica da silagem de capim-elefante contendo diferentes níveis de casca de café. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.6, p.2185-2191, 2005 (supl.).
- Blumenthal, J. M.; Baltensperger, D. D.; Cassman, K. G.; Mason, S. C.; Pavlista, A. D. (2001) Importance and effect of nitrogen on crop quality and health. In: FOLLETT, R. F.; HATFIELD, J. L. (Eds). *Nitrogen in the Environment: Sources, Problems, and Management*. Elsevier Science, p.45-63.
- Boddey, R.M. (1995) Biological nitrogen fixation in sugarcane: A key to energetically viable biofuel production. *CRC Crit. Rev Plant Sci*. 14: 263-279.

- Brasil. (2002) Lei nº 10.438 de 26 de abril de 2002. Estabelece à expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA). Diário Oficial [da Republica Federal do Brasil], Brasília, DF, publicado no D.O de 29 abr. 2002, seção 1, p. 1, v. 139, n. 89-A.
- Brasil. (2004) Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética Balanço Energético Nacional 2004: ano base 2003: Sumário Executivo / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2004.
- Brealey, R. A. & Myers, S. C. (1999) Princípios de Finanças Empresariais. Tradução de Maria do Carmo Figueira. Lisboa: Editora McGraw-Hill de Portugal, 1999. 998 p.
- Brigham, E. F. & Houston, J. F. (1999) Fundamentos da moderna administração financeira. Tradução de Maria Imilda da Costa e Silva. Rio de Janeiro: Campus.158p.
- Chiavenato, I. (2005) Administração financeira: uma abordagem introdutória. Rio de Janeiro: Elsevier.116p.
- Corsi, M. (1972) *Estudo da produtividade e valor nutritivo do capim-elefante Pennisetum purpureum Schum. , variedade Napier, submetido a diferentes frequências e alturas de corte.* Tese de Doutorado. Piracicaba, ESALQ, 239p.
- Embrapa Agroenergia. (2008) Focando em soluções: da biomassa à energia. Plano Diretor Da Embrapa Agroenergia Brasília, DF.

- Evane,S.; Rocha, C. R. (2010) Eucalipto e Capim-elefante: Característica e Potencial Produtivo de Bimassa. *Revista Agrogeoambiental*, v. 2, nº 1 – Pouso Alegre: IFSULDEMINAS.
- Falcini, P. (1995) Avaliação Econômica De Empresas. Técnica e prática. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1995.
- Fava, A. R. (2008) *Avaliação de clones de capim-elefante (Pennisetum purpureum Schum.) para utilização em capineira no cerrado matogrossense*. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal, área de concentração: Forragicultura e Pastagem), Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso-MT. 76p.
- Gitman, L. J. (2010) *Princípios da Administração Financeira*. 12ª Ed.; São Paulo: Pearson Prentice Hall.
- Gonçalves, J. L.M.; Stape, J. L.; Benedetti, V.; Fessel, V. A. G.; Gava, J. L. (2000) Reflexo do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: Gonçalves, J. L. M.; Benedetti, V.(Ed.). *Nutrição e fertilização florestal*. Piracicaba: IPEF, p.3-57.
- Harper, J.E. Nitrogen metabolism. In: Boote, K.J.,Bennett. J.M., Sinclair, T.R., et al. (1994) *Physiology and determination of crop yield*. Madison: ASA/CSSA/SSSA, Chapt.11A .
- Jacques, A. V. A. Caracteres morfológicos e suas implicações no manejo In: CARVALHO, M. M; XAVIER D. F. CARVALHO L. DE A. (1997) *Capim-elefante: produção e utilização*. Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL.
- Jones, C. A. (1985) *C4 grasses and Cereais: Growth, Development and Stress Response*. New York: John Wiley & Sons, 419p.
- Kauter, D.; Lewandowski, I.; Claupeina, W. (2006) Quantity and quality of harvestable biomass from Populus short rotation coppice for solid fuel use.

A review of the physiological basis and management influences. *Biomass and Bioenergy*, v.24 (6),411–427.

Lemus, R.; Brummer, E.C.; Moore, K.J.; Molstad, N.E.; Burras, C.L.; Barker, M.F. (2002) Biomass yield and quality of 20 switchgrass populations in southern Iowa, USA. *Biomass and Bioenergy*, v.23.

Lira, M. A.; Farias, I; Fernandes, A. P. M.; Soares, L. M. Dubeux Junior, J. C. B. (1996) Efeito da Adubação Nitrogenada e Fosfatada no Rendimento do Capim-elefante (*PENNISETUM PURPUREUM*, SCHUM),P.A.B., Brasília, V.31, n.1, p. 19-26, jan.

Lyra, G. B.; Ponciano, J. N.; Souza, P. M.; Sousa, E. F.; Lyra, G. B. (2010) Viabilidade econômica e risco do cultivo de mamão em função da lâmina de irrigação e doses de sulfato de amônio. *Acta Sci., Agron.* (Online) vol.32 no.3 Maringá July/Sept.

Macedo, I. C.; Koller, H. W. (1997) Balanço de energia na produção de cana-de-açúcar e álcool nas usinas cooperadas em 1996. International Report, Centro Tecnológico da Copersucar, Piracicaba, 23p.

Magalhães, J. A.; Rodrigues, B. H. N.; Carneiro, M. S. de S.; Andrade, A. C.; Costa, N. L.; Pinto, M. S. C.; Filho, W. J. E. M. (2009) Influência da adubação nitrogenada e da idade de corte sobre os teores de proteína bruta e fibra em detergente neutro de três cultivares de capim elefante. *REDVET – Revista Eletrônica de Veterinária*, v.10, n. 4, Abril.

Malavolta, E. (1980) *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Agronômica Ceres.251p.

Malavolta, E. (1982) Nitrogênio e enxofre nos solos e culturas brasileiras - Boletim técnico 1. São Paulo: SN Centro de pesquisas e Promoção de Sulfato de Amônio, p. 59.

- Malavolta, E. (1985) Nutrição mineral. In: Ferri, M. G. (Ed.). *Fisiologia vegetal 1*. São Paulo: EPU, p. 97-116.
- Malavolta, E. (1989) ABC da adubação. São Paulo: *Agronômica Ceres*.p.304.
- Mazzarella, V. (2007) Jornada Madeira Energética- Capim Elefante como fonte de energia no Brasil: Realidade Atual e Expectativas. IPT-BNDS -Rio de Janeiro.
- Mckendry, P. (2002) Energy production from biomass (part1): overview of biomass. *Bioresource Technology*, v.83, p.37-46.
- Mertens, D. R. (1992) Analysis of fiber and its use in feed evaluation and ration formulation. *Simpósio Internacional de Ruminantes*, Lavras. Anais. Lavras:SBZ. P. 1-32.
- Mertens, D. R. (1996) Formulating dairl rations: using fiber and carbohydrate analysis to formulate dairy rations: In INFORMATION CONFERENCE WITH DAIRY AND FORAGE INDUSTRIES, Madison. Proceedings. Madison: U.S. *Dairy Forage and Reseach Center*, p.81-92.
- Mertens, D.R. (1997) Creating a system for meeting the fiber requirement of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.80, p.1463.
- Mifflin, B.J., Lea, P.J. (1976) The pathway of nitrogen assimilation in plants. *Phytochemistry*, New York, v.15, p.873-885.
- Mistura, C; Fagundes, J.L; Fonseca, L.M; Moreira, C.L.M; Júnior, D.M;Júnior, J.R. (2006) Disponibilidade e qualidade do capim-elefante com e sem irrigação adubado com nitrogênio e potássio na estação da seca. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 372 – 379.
- Morais, R. F.; Souza, B. J. de; Leite, J. M.; Soares, L. H. de B.; Alves, B. J. R.; Boddey, R. M.; Urquiaga, S. (2007) Parâmetros qualitativos de cinco genótipos de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) para uso

como fonte alternativa de energia. *Anais no XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do solo*, Gramado.

Moreira, L.M; Fonseca, D.M.; Martuscello, J.A. et al. (2006) Adubação fosfatada e níveis críticos de fósforo no solo para manutenção da produtividade do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Napier). *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.35, n.3.

Nascimento Jr., D. (1981) Informações sobre plantas forrageiras. Viçosa, MG, UFV *Imprensa Universitária*, 56p.

Nogueira, L.A.; Lora, E. E. S. (2003) Dendroenergia: fundamentos e aplicações. Rio de Janeiro: Interciência.200p.

Paniago , R.; Ferraz Junior, A. C. P.; Almada, F. Y. D.; Nussio, L. G.; Saidel, M. A.; José, A. B.; Micerino, F. J.; Sewell, A. H. M.; Reis, T. V. M.; Junior, S. O. (2011) Caracterização da Cadeia Produtiva do Capim-elefante para geração de energia. *Anais do VI Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (VI CITENEL)*, realizado em Fortaleza/CE, no período de 17 a 19 de agosto.

Parente, H. N.; Bandeira, J. R.; Rodrigues, R. C.; Oliveira, M.; Parente, M.; Tosta, X. M.; Silva Junior, O. R. (2012) Crescimento e valor nutritivo do capim-elefante submetido à adubação orgânica e mineral. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)*, v.2, n.2., p.132-141, Dezembro.

Pegoraro, Rodinei Facco et al. (2009) Manejo da água e do nitrogênio em cultivo de capim-elefante. *Ciênc. agrotec.* vol.33 no.2 Lavras Mar./Apr.

Penedo, M. La (2002) *Biomasa como Fuente de Energía y Productos Químicos*. Monografía, Universidad de Oriente-UO, Santiago de Cuba, Cuba.

Pereira, T.; Rangel, R.; Rodrigues, A.; Azevedo, R.; Pena, H. W. A. (2011) Análise de viabilidade econômica de uma plantação de eucalipto no Pará –

Amazônia- Brasil, en Observatorio de la Economía Latinoamericana, *Revista académica de economía*, nº. 159.

Pimentel, L. D.; Dos Santos, C. E. M.; Wagner Junior, A.; Silva, V. A.; HorstBruckner, C. (2007) Estudo da viabilidade econômica na cultura da noz-macadâmia non Brasil. *Ver Bras. Frutic.* V29. N.3.

Ponciano, N. J.; De Souza, P. M.; Da Costa Mata, H. T.; Vieira, J. R.; Morgado, I. F. (2004) Análise de viabilidade econômica e de risco da fruticultura na região norte fluminense. *Rev. Econ. Sociol. Rural* vol.42 no.4 Brasília Oct./Dec.

Queiroz Filho, J.L.; Silva, D.S.; Nascimento, I.S. (2000) Produção de matéria seca e qualidade do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivar roxo em diferentes idades de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.1.

Quesada, D. M.; Boddey, R. M.; Reis, V.M.; Urquiaga, S. (2004) Parametros qualitativos de genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) estudados para a produção de energia através da biomassa. *Circular Técnica* 8, Seropedica, RJ.

Quesada, D. B. (2005) *Parâmetros quantitativos e qualitativos de diferentes genótipos de capim-elefante com potencial para uso energético*. Tese (Doutorado em Agronomia) - Seropédica – RJ, Universidade Federal Rural do rio de Janeiro - UFRRJ, 76p.

Raij, B. Van. (1991) Fertilidade do solo e adubação. São Paulo: *Agronômica Ceres/ Potafos*. 343 p.

Sabbag, O. J.; Nicodemo, D. (2011) Viabilidade econômica para produção de mel em propriedade familiar. *Pesq. Agropec. Trop.*, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 94-101, jan./mar.

- Samson, R; Mani, S; Boddey, R; Sokhansanj, S; Quesada, D; Urquiaga, S; Reis, V; Ho Lem, C. (2005) The potential of C4 perennial grasses for developing a global BIOHEAT industry. *Critical reviews in plant sciences*. 24:1-35.
- Santos, J. C. & Campos, R.T. (2000) Metodologia para análise de rentabilidade e riscos de sistemas agroflorestais. Rio Branco: Embrapa Acre.
- Urquiaga, S.; Cruz K.H.S.; Boddey R.M. (1992) Contribution of nitrogen fixation to sugar cane: nitrogen-15 and nitrogen balance estimates. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56:105-114.
- Vale, A.T.; Brasil, M. A. M.; Leão, A. L. (2003) Caracterização de madeira e de casca de *Sclerolobium paniculatum*, *Dalbergia miscolobium* e *Pterodon pubescens* para uso energético. In. 3º. Encontro de Energia no Meio Rural. Campinas/SP.
- Van Soest, P. J. (1994) Nutriticional ecology of the ruminant. 2.ed. Oregon: O & B Books. 476p.
- Zanetti, J. B.; Morais, R. F.; Leite, J. M.; Soares, L. H.; Jantalia, C. P.; Alves, B. J. R.; Urquiaga, S.; Boddey, R.M. (2009) Produção e Qualidade da Biomassa de Genótipos de Capim-Elefante para uso como Fonte de Energia. *Rev. Bras. De Agroecologia/nov.* Vol. 4 No.