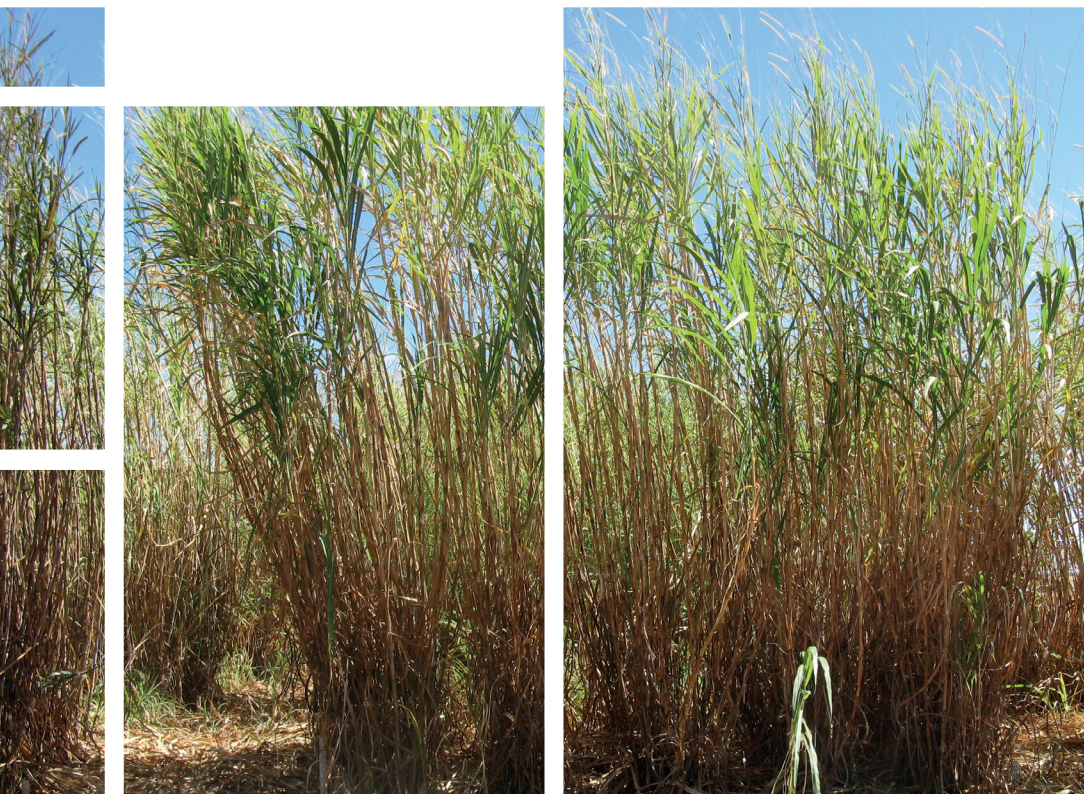


Biomassa de Genótipos de Capim- Elefante para Produção de Energia



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
358**

**Biomassa de Genótipos de
Capim-Elefante para Produção de Energia**

Francisco Duarte Fernandes
Marcelo Ayres Carvalho
Allan Kardec Braga Ramos
Gustavo José Braga
Carlos Eduardo Lazarini da Fonseca
Francisco José da Silva Lédo
Juarez Campolina Machado

Exemplar desta publicação disponível gratuitamente
no link: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/?initQuery=t>
(Digite o título e clique em "Pesquisar")

Embrapa Cerrados
BR 020, Km 18, Rod. Brasília / Fortaleza
Caixa Postal 08223
CEP 73310-970, Planaltina, DF
Fone: (61) 3388-9898
Fax: (61) 3388-9879
embrapa.br/cerrados
embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade

Presidente
Marcelo Ayres Carvalho

Secretária-executiva
Marina de Fátima Vilela

Secretária
Alessandra S. G. Faleiro

Membros
*Alessandra S. G. Faleiro, Cícero D. Pereira,
Gustavo J. Braga, João de Deus G. dos S.
Júnior, Jussara Flores de O. Arbues, Shirley
da Luz S. Araujo*

Supervisão editorial
Jussara Flores de Oliveira Arbues

Revisão de texto
Jussara Flores de Oliveira Arbues

Revisão de abstract
Margit Bergener Leite Guimarães

Normalização bibliográfica
Shirley da Luz Soares Araújo (CRB 1/1948)

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Leila Sandra Gomes Alencar

Foto da capa
Francisco Duarte Fernandes

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Cerrados

B615 Biomassa de genótipos de Capim-Elefante para produção de energia / Francisco
Duarte Fernandes... [et al.]. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2020.

17 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN
1676-918X, ISSN online 2176-509X, 358).

1. Energia renovável. 2. Potencial energético. I. Fernandes, Francisco Duarte. II. Embrapa Cerrados. III. Série.

633.2 – CDD-21

© Embrapa, 2020

Sumário

Introdução.....7

Material e Métodos9

Resultados e Discussão10

Conclusões14

Referências14

Biomassa de Genótipos de Capim-Elefante para Produção de Energia

Francisco Duarte Fernandes¹

Marcelo Ayres Carvalho²

Allan Kardec Braga Ramos³

Gustavo José Braga⁴

Carlos Eduardo Lazarini da Fonseca⁵

Francisco José da Silva Léo⁶

Juarez Campolina Machado⁷

Resumo – A produtividade e a qualidade da biomassa dos genótipos BRS Canará, CNPGL 91-25-1, CNPGL 92-38-2, CNPGL 93-41-1, CNPGL 94-13-1 e a cv. Napier foram avaliadas para uso energético, em Planaltina, DF, em experimento com delineamento de blocos casualizados. A produtividade de biomassa seca (PBS) variou de 29,1 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ a 40,0 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, sendo as maiores obtidas com os genótipos Napier, BRS Canará e CNPGL 93-41-1. O genótipo BRS Canará apresentou maior teor de matéria seca (MS). Os genótipos CNPGL 92-25-1 e Napier apresentaram os maiores teores de matéria mineral (MM) e nitrogênio (N). Os genótipos apresentaram médias de 52,97% de fibra em detergente ácido (FDA); 12,25% de lignina (LIG); 40,83% de celulose (CEL); e 18,66 MJ kg⁻¹ de poder calorífico superior (PCS). A produção de energia potencial (EP) variou de 542 GJ ha⁻¹ a 545 GJ ha⁻¹, sendo as maiores obtidas com os genótipos BRS Canará, Napier e CNPGL 93-41-1. O genótipo BRS Canará, devido aos altos teores de MS e CEL, elevado PCS, e baixos teores de MM e de N, além de elevadas PBS e de EP, é o mais indicado para produção de biomassa para uso dedicado para geração de energia.

Termos para indexação: energia renovável, *Pennisetum purpureum*, potencial energético.

¹ Engenheiro-agrônomo, mestre em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

² Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Agronomy, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

³ Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

⁴ Zootecnista, doutor em Ciência Animal e Pastagens, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

⁵ Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Plant Breeding and Biometry, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF.

⁶ Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG.

⁷ Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG.

Elephant Grass Genotypes Biomass for Energy Production

Abstract – The elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.), especially for its photosynthetic efficiency, has potential to be used as a biomass source for the production of bioenergy. The biomass productivity and quality of genotypes BRS Canará, CNPGL 91-25-1, CNPGL 92-38-2, CNPGL 93-41-1, CNPGL 94-13-1 and cv. Napier were evaluated for energy use, in Planaltina-DF, in an experiment with complete randomized block design. The productivity of dry biomass (DBP) ranged from 29.1 to 40.0 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, with the genotypes Napier, BRS Canará and CNPGL 93-41-1 presenting the highest values. BRS Canará genotype showed higher dry matter (DM) content. The CNPGL 92-25-1 and Napier genotypes showed the highest levels of mineral matter (MM) and nitrogen (N). The genotypes presented averages of 52.97% of FDA; 12.25% lignin (LIG); 40.83% cellulose (CEL); and 18.66 MJ kg⁻¹ of superior calorific power (PCS). Potential energy production (EP) ranged from 542 to 545 GJ ha⁻¹, the highest obtained with the BRS Canará, Napier and CNPGL 93-41-1 genotypes. The BRS Canará genotype, due to its high levels of MS and CEL, high PCS, and low levels of MM and N, in addition to high PBS and EP, is the most suitable for the production of biomass for dedicated use for power generation.

Index terms: bioenergy, energetic potential, *Pennisetum purpureum*, renewable energy.

Introdução

A produção de energia a partir de fontes não renováveis é uma das principais fontes de emissão de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera. Considerando o contínuo aumento mundial da demanda de energia, a tendência é que as emissões de GEE continuem a se elevar, contribuindo assim para as mudanças climáticas globais. A conversão de biomassa lignocelulósica em energia é uma das alternativas aos combustíveis fósseis e seus derivados, o que contribui com os esforços da comunidade internacional para reduzir as emissões de dióxido de carbono (CO₂). Por meio de rotas de conversão termoquímicas ou bioquímicas, a biomassa lignocelulósica pode ser convertida em bioenergia.

A conversão termoquímica usa processos químicos e de calor para produzir produtos energéticos a partir de biomassa, incluindo combustão, pirólise, gaseificação e liquefação (Goyal et al., 2008). A conversão bioquímica da biomassa envolve o uso de bactérias, microorganismos ou enzimas para decompor a biomassa em combustíveis gasosos ou líquidos, como o biogás ou o bioetanol (Brethauer et al., 2015). Diversas espécies vegetais são listadas como potenciais culturas bioenergéticas, incluindo o milho (*Zea mays*), o Switchgrass (*Panicum virgatum*), o Miscanthus (*Miscanthus giganteus*), a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e o sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Nesse contexto, o capim-elefante destaca-se notadamente por sua alta eficiência fotossintética, elevada produção de biomassa seca por área e ampla adaptação, além de suas propriedades químicas (Lima et al., 2011; Morais et al., 2012; Fontoura et al., 2015).

A identificação e a caracterização da composição físico-química de um combustível são as etapas mais importantes durante a investigação e a aplicação desses processos, pois determinam as propriedades, a qualidade e as perspectivas de aplicação deles, apontando eventuais problemas ambientais relacionados à sua produção e uso (Vassilev et al., 2010). As propriedades da matéria-prima que afetam a eficácia dos processos de conversão incluem valor de aquecimento, teor de cinzas, teor de umidade, teor dos componentes da parede celular, granulometria, densidade, entre outras (McKendry, 2002; Saidur et al., 2011; Vieira, 2012; Paterlini et al., 2013; Tanger et al., 2013; Baxter et al., 2014; Cardozo et al., 2014; De Fusco et al., 2015; Nakomcic-Smaragdakis et al., 2016; Williams et al., 2016; Cai et al., 2017).

A biomassa empregada como fonte de energia térmica no processo de combustão direta deve apresentar baixos teores de umidade, cinzas e nitrogênio e altas concentrações de lignina e de celulose, além de alto poder calorífico (Hoenstein; Wright, 1994; McKendry, 2002; Jaradat, 2010). Para combustão ou coqueima, é desejado um baixo teor de umidade, preferencialmente em torno de 50% (McKendry, 2002; Vieira, 2012), porque pode ocorrer combustão incompleta quando o teor de umidade é muito alto. O elevado teor de umidade da biomassa também afeta a segurança no armazenamento e aumenta os custos de transporte (Baxter et al., 2014). De acordo com McKendry (2002), o teor de cinzas considerado adequado na biomassa para o processo de combustão é da ordem de 5%. A energia liberada durante o processo de combustão está positivamente correlacionada com o teor de carbono e de hidrogênio em função do valor energético desses elementos. Por outro lado, altos valores de nitrogênio reduzem o valor calorífico, diminuindo o potencial energético do combustível (Huang et al., 2009; Protásio et al., 2011). Ademais, é desejável que a biomassa apresente baixos níveis de nitrogênio e de enxofre, elementos que potencializam a poluição ambiental (Kumar et al., 2010). Kauter et al. (2003) consideram que o nível de nitrogênio abaixo de 0,6% pode ser considerado apropriado para biomassa com fins energéticos. Já Lalak-Kańczugowska et al. (2016) relatam que a biomassa com nível de nitrogênio abaixo de 1% pode ser empregada em processo de combustão, produzindo emissões muito baixas de poluentes gasosos.

O poder calorífico (PC) de uma biomassa é a energia liberada durante seu processo de queima. Assim, quanto maior o PC calorífico, mais eficiente será a matéria-prima para combustão (Jaradat, 2010). Alguns autores informam que o PC da biomassa diminui linearmente com o aumento da umidade e das cinzas (Zhang et al., 2010; Meehan et al., 2014). Além disso, a análise química dos principais componente da parede celular vegetal (celulose, hemicelulose e lignina) é, por vezes, realizada para caracterizar uma biomassa (Shuping et al., 2010; Zhang et al., 2010). Esses valores variam, em média, de 30%–50% de celulose, 10%–40% de hemicelulose e 5%–30% de lignina (McKendry, 2002). Lignina e celulose são constituintes ricos em carbono e hidrogênio, daí ser de fundamental importância o conhecimento de seus teores nas biomassas candidatas a fontes de energia. O objetivo deste estudo foi avaliar seis genótipos de capim-elefante quanto às características agrônômicas e de qualidade da biomassa para produção de energia nas condições edafoclimáticas do Bioma Cerrado de Planaltina, Distrito Federal.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Estação Experimental da Embrapa Cerrados, localizada no município de Planaltina, DF (latitude 15°36' S, longitude 47°42' O e altitude de 1.007 m), no período de fevereiro de 2010 a julho de 2012. O clima da região é tipo Aw de Köppen (tropical com estação seca de inverno). O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com quatro repetições. A parcela foi composta por cinco linhas de 5 m com espaçamento de 1,0 m entre linhas, sendo considerada área útil de 6 m² dentro das três linhas centrais. O plantio foi realizado em fevereiro de 2010, por meio de estacas dispostas pé com ponta, distribuídas em sulcos de 15 cm de profundidade; foram aplicados 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples). Quarenta e cinco dias após o plantio, aplicou-se, em cobertura, 50 kg ha⁻¹ de N e 50 kg ha⁻¹ de K₂O (fórmula NPK 20-00-20). Após a fase de estabelecimento, todos os genótipos foram cortados a 15 cm acima do solo (corte de uniformização) na primeira quinzena de outubro de 2010. Em seguida, foi feita uma adubação em cobertura com 50 kg ha⁻¹ de N e 50 kg ha⁻¹ de K₂O (fórmula NPK 20-00-20).

Nas parcelas em que houve falhas na emergência das plantas, procedeu-se ao replantio. O primeiro corte de avaliação foi realizado em agosto de 2011 no meio do período seco (10 meses após o corte de uniformização – meio do período seco) e o segundo corte, em junho de 2012, no início do período seco (10 meses após o primeiro corte – início do período seco). Anualmente foram aplicados, em cobertura, 100 kg ha⁻¹ de N e 100 kg ha⁻¹ de K₂O (fórmula NPK 20-00-20).

Os genótipos de capim-elefante testados foram obtidos pelo programa de melhoramento genético de capim-elefante da Embrapa, pré-selecionados por apresentarem maior potencial de uso para fins energéticos (genótipos CNPGL-91-25-1, CNPGL-92-38-2, BRS Canará, CNPGL-93-41-1 e CNPGL-94-13-1) e a cultivar Napier.

As características agrônômicas avaliadas foram: produtividade de biomassa verde (PBV) e de produtividade de biomassa seca (PBS), em Mg ha⁻¹ ano⁻¹, da planta inteira. As características de qualidade da biomassa da planta inteira foram: teor matéria seca (MS, %); matéria mineral (MM, %); nitrogênio (N, %); fibra em detergente ácido (FDA, %); lignina (LIG, %); celulose (CEL, %); poder calorífico superior (PCS, MJ kg⁻¹) e energia potencial (EP, GJ ha⁻¹).

As análises de MM, N, FDA e LIG foram realizadas no Laboratório de Análises de Alimentos da Embrapa Gado de Leite. AMM e LIG foram analisadas conforme Queiroz e Silva (2006). A FDA foi determinada conforme Detmann et al. (2012) e o N segundo metodologia descrita por Galvani e Gaertner (2006). Os teores de CEL foram estimados pela subtração da LIG e pela FDA. A determinação do PCS foi feita no Laboratório de Química Analítica de Plantas da Embrapa Cerrados em bomba calorimétrica IKA-WERNE C2000, segundo a norma ASMT D5865 (2013). A energia potencial (EP, GJ ha⁻¹) foi calculada pela multiplicação da PBS pelo PCS (EP=PBS*PCS). Os dados foram analisados utilizando-se o programa SISVAR (Ferreira, 2011) e as médias comparadas pelo Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Os genótipos não diferiram significativamente entre si ($p > 0,05$) quanto à produtividade de massa verde (PBV) (Mg ha⁻¹ ano⁻¹). Entretanto, para as variáveis produção de biomassa seca (PBS), matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e nitrogênio (N), as diferenças foram significativas ($p < 0,05$) (Tabela 1). Os teores de PBV variaram de 65,1 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ a 97,6 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, em torno de 80,5 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ em média. A PBV foi inferior à verificada por Marafon et al. (2014), que relataram produção de biomassa verde variando de 111 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ a 214 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para genótipos de capim-elefante cultivados em Rio Largo, no estado de Alagoas.

Tabela 1. Produção de biomassa verde (PBV), teor de matéria seca (MS) e produção de biomassa seca (PBS) e teores de matéria mineral (MM) e nitrogênio total (N) de planta inteira de genótipos de capim-elefante. Planaltina, Distrito Federal.

Genótipo	PBV (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	PBS (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	MS (%)	MM (%)	N (%)
CNPGL 91-25-1	77,3	29,1b	37,7d	4,35a	0,95a
CNPGL 92-38-2	65,1	28,5b	43,9b	3,64b	0,60b
CNPGL 93-41-1	84,5	35,6a	42,2c	3,07b	0,62b
CNPGL 94-13-1	75,4	32,7b	43,2b	3,36b	0,76a
BRS Canará	84,0	39,8a	48,0a	3,38b	0,62b
Napier	97,6	40,0a	41,2c	4,97a	0,81a

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

Em relação a PBS (Mg ha^{-1}), a média foi de $34,3 \text{ Mg ha}^{-1}$, variando de $28,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ a $40,0 \text{ Mg ha}^{-1}$. Os genótipos Napier, BRS Canará e CNPGL 93-41-1 apresentaram as maiores PBS ($40,0 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$; $39,8 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e $35,6 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, respectivamente). Os resultados de PBS são semelhantes aos obtidos por outros autores, que avaliaram o potencial de capim-elefante para produção de biocombustível. Moraes et al. (2009) obtiveram médias variando de 30 Mg ha^{-1} a 36 Mg ha^{-1} , na região da Mata Atlântica, envolvendo cinco genótipos de capim-elefante, em que a precipitação anual de chuvas e a temperatura média são adequadas para permitir o crescimento dessa gramínea ao longo do ano. Em Gurupi, TO, Flores et al. (2012) obtiveram médias de $30,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ e $42,0 \text{ Mg ha}^{-1}$. Os mesmos autores afirmam que, na região do Cerrado, as chuvas são concentradas no verão e a seca dura de 4 a 6 meses, indicando que a produção dessa gramínea acima de 30 Mg ha^{-1} deve ser alcançada em um único corte, após o verão. Por outro lado, Oliveira et al. (2015), ao avaliarem as características agrônômicas e qualidade da biomassa de dois genótipos de capim-elefante em Campos dos Goytacazes, RJ, relataram um rendimento de biomassa de 64 Mg ha^{-1} de MS. Essas diferenças podem ser explicadas pelo número e época de colheitas; local; época de plantio; aplicação de fertilizantes e precipitação pluviométrica.

Para o teor de matéria seca (MS), foram observados amplitude de 37,7% a 48,0% e valor médio de 42,7% (Tabela 1). Esse resultado oferece oportunidade para seleção de genótipos, uma vez que, de acordo com a literatura, essa característica afeta diretamente a eficácia dos processos de conversão para produção de energia. O baixo teor de MS presente na biomassa pode interferir nas propriedades bromatológicas e químicas da biomassa, principalmente o poder calorífico, que está intimamente relacionado, pois diminui com a redução da MS (Jenkins et al., 1998; Cassida et al., 2008; Zhang et al., 2010; Meehan et al., 2014). O genótipo que apresentou o maior teor de MS foi o BRS Canará, com valor médio de 48,0%. Adicionalmente, para os processos de conversão, como a combustão direta, que exigem teores de umidade abaixo de 50% para se maximizar a eficiência (McKendry, 2002), esse material leva vantagem em relação aos demais, pois, o período de secagem será reduzido.

Os teores de MM apresentaram diferenças significativas entre os genótipos ($p < 0,05$), sendo os maiores teores dessa característica observados para CNPGL 91-25-1 (4,35%) e Napier (4,97%). Os teores de MM dos genótipos

de capim-elefante avaliados são comparáveis aos valores encontrados em outras plantas herbáceas para a mesma finalidade, como a gramínea do gênero *Miscanthus* com 3,1% a 4,5% (Liu et al., 2013) e 2,8% a 4,9% (Slepetys, 2012); *switchgrass* com 3,7% (Pilon; Lavoice, 2011) e 4,5% (McKendry, 2002); e o bagaço de cana com 3,5% (McKendry, 2002). Porém, inferiores a 11,5%, encontrado por Seye (2003) e superior aos valores encontrados por Marafoon et al. (2014), que encontraram valores variando de 1,5% a 2,1% de MM.

Os valores de nitrogênio total (N) variaram de 0,60% a 0,95%, com valor médio de 0,73%. Os maiores teores de NT foram observados nos genótipos CNPGL 91-25-1 (0,95%), Napier (0,81%) e CNPGL 94-31-1 (0,76%), que estão dentro da faixa de 0,6% a 1,0% preconizada por Kauter et al. (2003) e Lalak-Kańczugowska et al. (2016) para o processo de combustão. Os resultados encontrados no presente estudo concordam também com Marafoon et al. (2016), que relataram valores de N entre 0,4% a 0,8% em biomassa de capim-elefante.

Houve diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os genótipos para as variáveis fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), lignina (LIG), poder calorífico superior (PCS) e energia potencial (EP) (Tabela 2).

Tabela 2. Teores de fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), celulose (CEL) e poder calorífico superior (PCS) e energia potencial (EP) em biomassa de planta inteira de genótipos de capim-elefante. Planaltina, Distrito Federal.

Genótipo	FDA (%)	LIG (%)	CEL (%)	PCS (MJ kg ⁻¹)	EP (GJ ha ⁻¹)
CNPGL 91-25-1	52,46b	12,80a	39,73b	18,59b	542 b
CNPGL 92-38-2	51,87b	11,26b	40,81b	18,68a	532 b
CNPGL 93-41-1	53,24b	12,84a	40,64b	18,81a	668 a
CNPGL 94-13-1	51,47b	11,79b	39,78b	18,62b	608 b
BRS Canará	55,34a	13,03a	42,32a	18,71a	745 a
Napier	53,43b	11,80b	41,72b	18,54b	742 a

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

Os valores de fibra em detergente ácido (FDA) da biomassa dos genótipos de capim-elefante variaram de 51,47% a 55,34%, com teor médio de

52,97%. Os valores de lignina (LIG) variaram de 11,26% a 13,03%, com média de 12,25%, e os de celulose (CEL) variaram entre 39,73% e 42,32%, com 40,83% em média. Resultados semelhantes foram encontrados por Tavares e Santos (2013), que, ao avaliarem a composição da biomassa de genótipos de capim-elefante, observaram valores médios de 44,3% de FDA e 13,8% de lignina. Por outro lado, Souza et al. (2016), avaliando as características químicas de híbridos de capim-elefante e de seus genitores para produção de biomassa energética, encontraram valores de 47,9% a 56,2% para FDA, 38,5% a 47,7% para CEL e 6,7% a 9,5% para lignina. A quantidade relativa de FDA, celulose e lignina na parede celular das plantas variaram dependendo da espécie, idade da planta e condições ambientais. Os níveis de celulose e lignina observados nos genótipos de capim-elefante avaliados no presente estudo foram considerados satisfatórios para a produção de energia por combustão direta.

Entre as características da biomassa vegetal citadas, o poder calorífico superior (PCS) é considerado a propriedade mais importante para a avaliação da viabilidade de uso de biomassa na geração de energia, principalmente, por meio do processo de geração de energia térmica. Os genótipos em estudo apresentaram valores de PCS muito próximos, porém com diferença significativa entre si ($p < 0,05$). Vale ressaltar que pequenas diferenças podem influenciar de maneira considerável a eficiência do processo de conversão de biomassa em energia. Os genótipos CNPGL 93-41-1, BRS Canará e CNPGL 92-38-2 apresentaram os maiores valores de PCS (18,81%; 18,71%; 18,68%, respectivamente). Os valores de PCS encontrados no presente estudo são comparáveis com outros materiais avaliados com a mesma finalidade, como palha de trigo com $18,0 \text{ MJ kg}^{-1}$ (Channwala; Parikh, 2002), bagaço de cana com $18,7 \text{ MJ kg}^{-1}$ (Channwala; Parikh, 2002), Switchgrass com $18,1 \text{ MJ kg}^{-1}$ (Jenkins et al., 1998) e Miscanthus com $18,5 \text{ MJ kg}^{-1}$ (McKendry, 2002). Os resultados de PCS deste estudo são condizentes com os valores descritos por Flores et al. (2012) de 18 MJ kg^{-1} , por Marafon et al. (2016) de $17,6 \text{ MJ kg}^{-1}$ a $18,6 \text{ MJ kg}^{-1}$ e por Rocha et al. (2017) de $18,1 \text{ MJ kg}^{-1}$ para capim-elefante. Por outro lado, Vilela e Ceriza (2010), Zanetti (2010) e Ohimain et al. (2014) constataram valores de $17,5 \text{ MJ kg}^{-1}$; $16,7 \text{ MJ kg}^{-1}$ e $17,0 \text{ MJ kg}^{-1}$, respectivamente para a biomassa de capim-elefante, sendo esses inferiores aos encontrados neste trabalho.

A energia potencial (EP) produzida pelos genótipos em estudo variou de 542 GJ ha⁻¹ a 745 GJ ha⁻¹. Os genótipos BRS Canará, Napier e CNPGL 93-41-1 se destacaram nas produções de EP por unidade de área (745 GJ ha⁻¹, 742 GJ ha⁻¹ e 668 GJ ha⁻¹, respectivamente), porém não diferiram entre si. Resultados semelhantes foram registrados por Santos et al. (2015) para os genótipos Cameroon (581 GJ ha⁻¹) e Gramafante (451,5 GJ ha⁻¹) na região semiárida do Brasil.

Conclusões

Há variabilidade genética entre os genótipos de capim-elefante quanto às características de interesse para a produção de energia renovável.

O genótipo BRS Canará apresenta maiores teores de matéria seca e de celulose, além de elevadas produções de biomassa seca e de energia; elevado poder calorífico superior; e baixos teores de matéria mineral e nitrogênio, características mais propícias para fontes de biomassa com potencial uso para queima.

Considerando-se as produções de biomassa seca e de energia, os genótipos CNPGL-93-41-1 e Napier também demonstraram potencial para a produção de energia renovável.

Referências

ASTM – American Society for Testing and Materials. ASMT D 5865-04 Standard test method for gross calorific value of coal and coke. In: **ANNUAL Book of ASTM Standards**, 2003.

BAXTER, X. C.; DARVELL, L. I.; JONES, J. M.; BARRACLOUGH, T.; YATES, N. E.; SHIELD, I. *Miscanthus* combustion properties and variations whit *Miscanthus* agronomy. **Fuel**, v. 117, p. 851–869, 2014.

BRETHAUER, S.; STUDER, M. H. Biochemical conversion processes of lignocellulosic biomass to fuels and chemicals - A review. **Chimia International Journal for Chemistry**, v. 69, n. 10, p. 572-581, 2015.

CAI, J.; HE, Y.; YU, X.; BANKS, S. W.; YANG, Y.; ZHANG, X.; YU, Y.; LIU, R.; BRIDGWATER, A. V. Review of physicochemical properties and analytical characterization of lignocellulosic biomass, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 76, p. 309-322, 2017.

CARDOZO, E.; ERLICH, C.; ALEJO, L.; FRANSSON, T. H. Combustion of agricultural residues: An experimental study for small-scale applications. **Fuel**, v. 115, p. 778-787, 2014.

- DE FUSCO, L.; JEANMART, H.; BLONDEAU, J. A modelling approach for the assessment of an air-dryer economic feasibility for small-scale biomass steam boilers. **Fuel Processing Technology**, v. 134, p. 251-258, 2015.
- DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; QUEIROZ, A. C.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA, M. M.; AEVEDO, J. A. G. **Métodos para análise de alimentos**: INCT - Ciência Animal. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR - Sistema de análise de variância**. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2010.
- FLORES, R. A.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; COLLIER, L. S.; MORAIS, R. F.; PRADO, R. M. Yield and quality of elephant grass biomass produced in the Cerrados region for bioenergy. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 5, p. 831-839, 2012.
- FONTOURA, C. F.; BRANDÃO, L. E.; GOMES, L. L. Elephant grass biorefineries: towards a cleaner Brazilian energy matrix? **Journal of Cleaner Production**, v. 86, p. 85-93, 2015.
- GALVANI, F.; GAERTNER, E. **Adequação da metodologia Kjeldahl para determinação de nitrogênio total e proteína bruta**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2006. 9 p. (Embrapa Pantanal. Circular Técnica, 63).
- GOYAL, H.; SEAL, D.; SAXENA, R. Bio-fuels from thermochemical conversion of renewable resources: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 12, p. 504-517, 2008.
- JARADAT, A. A. Genetic resources of energy crops: biological systems to combat climate change. **Australian Journal Crop Science**, v. 4, n. 5, p. 309-323, 2010.
- KAUTER, D.; LEWANDOWSKI, I.; CLAUPEIN, W. 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, n. 6, p. 411-427, 2003.
- KUMAR, R.; PANDEY, K. K.; CHANDRASHEKAR, N.; MOHAN, S. Effect of tree-age on calorific value and other fuel properties of *Eucalyptus* hybrid. **Journal of Forestry Research**, v. 21, n. 4, p. 514-516, 2010.
- LALAK-KANCZUGOWSKA, J.; MARTYNIAK, D.; KASPRZYCKA, A.; ŻUREK, G. MORON, W. S.; CHMIELEWSKA, M.; WIACEK, D.; TY, J. Comparison of selected parameters of biomass and coal. **International Agrophysics**, v. 30, n. 4, p. 475-482, 2016.
- LIMA, R. S. N.; DAHER, R. F.; GONÇALVES, L. S. A.; ROSSI, D. A.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; PEREIRA, M. G.; LÉDO, F. J. S. RAPD and ISSR markers in the evaluation of genetic divergence among accessions of elephant grass. **Genetics and Molecular Research**, v. 10, n. 3, p. 1304-1313, 2011.
- LIU, C.; XIAO, L.; JIANG, J.; WANG, W.; GU, F.; SONG, D.; YI, Z.; JIN, Y.; LI, L. Biomass properties from different *Miscanthus* species. **Food and Energy Security**, v. 2, n. 1, p. 12-19, 2013.
- MCKENDRY, P. Energy production from biomass (Part 1): overview of biomass. **Bioresource Technology**, v. 83, n. 1, p. 37-46, 2002.
- MARAFON, A. C.; SANTIAGO, A. D.; AMARAL, A. F. C. **Poder calorífico do capim-elefante para a geração de energia térmica**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2016. 28 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 115).
- MARAFON, A. C.; SANTIAGO, A. D.; CÂMARA, T. M. M.; RANGEL, J. H. A.; AMARAL, A. F. C. LÉDO, F. J. S.; BIERHALS, A. N.; PAIVA, H. L. **Potencial produtivo e qualidade da biomassa**

de capim-elefante para fins energéticos. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2014. 6 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica, 68).

MEEHAN, P.; MC DONNELL, K.; GRANT, J.; FINNAN, J. The effect of harvest time and pre harvest treatment on the moisture content of *Miscanthus × giganteus*. **European Journal of Agronomy**, v. 56, p. 37-44, 2014.

MORAIS, R. F.; QUESADA, D. M.; REIS, V. M.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Contribution of biological nitrogen fixation to Elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.). **Plant and Soil**, v. 356, p. 23-24, 2012.

NAKOMCIC-SMARAGDAKIS, B.; CEPIC, Z.; DRAGUTINOVIC, N. Analysis of solid biomass energy potential in Autonomous Province of Vojvodina. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 57, p. 186-191, 2016.

OHIMAIN, E. I.; KENDABIE, P.; NWACHUKWU, R. E. S. Bioenergy Potentials of elephant grass, *Pennisetum purpureum* Schumach. **Annual Research & Review in Biology**, v. 4, n. 13, p. 2215-2227, 2014.

OLIVEIRA, É. S.; DAHER, R. F.; PONCIANO, N. J.; GRAVINA, G. A.; SANT'ANA, J. A. A.; GOTTARDO, R. D.; MENEZES, B. R. S.; P. M.; SOUZA, C. L. M.; SILVA, V. B.; ROCHA, A. S.; NOVO, A. A. C. Variation of Morpho-Agronomic and Biomass Quality Traits in Elephant Grass for Energy Purposes According to Nitrogen Levels. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, n. 11, p. 1685-1696, 2015.

PATERLINI, E. M.; ARANTES, M. D. C.; GONÇALVES, F. G.; VIDAURRE, G. B.; BAUER, M. O.; MOULIN, J. C. Evaluation of elephant grass for energy use. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, n. 2, p. 119-125, 2013.

PILON, G.; LAVOIE, J. M. Characterization switchgrass char produced in torrefaction and pyrolysis conditions. **BioResources**, v. 6, n. 4, p. 4824-4839, 2011.

PROTÁSIO, T. P.; BUFALINO, L.; TONOLI, G. H. D.; COUTO, A. M.; TRUGILHO, P. F.; GUIMARÃES JÚNIOR, M. Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais da biomassa vegetal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 66, p. 113-122, 2011

ROCHA, J. R. A. S.; MACHADO, J. C.; CARNEIRO, P. C. S.; CARNEIRO, J. C.; RESENDE, M. D.; PEREIRA, A. V.; CARNEIRO, J. E. Elephant grass ecotypes for bioenergy production via directcombustion of biomass. **Industrial Crops and Products**, v. 95, p. 27-32, 2017.

SAIDUR, R.; ABDELAZIZ, E. A.; DEMIRBAS, A.; HOSSAIN, M. S.; MEKHILEF, S. A review on biomass as a fuel for boilers. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 5, p. 2262-2289, 2011.

SANTOS, R. L.; FREIRE, F. J.; ROCHA, A. T.; SILVA, J. A. A.; TAVARES, J. A.; FERREIRA, E. G. B. S.; OLIVEIRA, E. C. A. Elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) biomass production as promising alternative source of energy in Brazil's semiarid area using gypsum. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, n. 11, p. 1082-1088, 2015.

SEYE, O. **Análise de ciclo de vida aplicada ao processo produtivo de cerâmica estrutural tendo como insumo energético capim-elefante.** 2003. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SHUPING, Z.; YULONG, W.; YANG, MING-DE, Y.; LI, C.; JUNMAO, T. Production and characterization of bio-oil from hydrothermal liquefaction of microalgae *Dunaliella Tertiolecta* cake. **Energy**, v. 35, n. 12, p. 5406-5411, 2010.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006, 235 p.

SLEPETYS, J.; KADŽIULIENĖ, Ž.; SARUNAITE, L.; TILVIKIENE, V.; KRYZEVICIENE, A. Biomass potential of plants grown for bioenergy production. **International scientific conference Renewable Energy and Energy Efficiency**, p. 66-72, 2012.

SOUZA, L. B.; DAHER, R. F.; MENEZES, B. R. S.; RODRIGUES, E. V.; TARDIN, F. D.; GRAVINI, G. A.; PEREIRA, A. V. Qualidade da biomassa em híbridos de capim-elefante para fins energéticos. **Agraria – Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 11, n. 2, p. 85-91, 2016.

TANGER, P.; FIELD, J. L.; JAHN, C. E.; DEFORT, M. M.; LEACH, J. E. Biomass for thermochemical conversion: targets and challenges. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, n. 218, 2013.

TAVARES, S. R. L.; SANTOS, T. E. Uso de diferentes fontes de biomassa vegetal para produção de biocombustíveis sólidos. **Holos**, v. 5, n. 29, p. 19-27, 2013.

TELMO, C.; LOUSADA, J. Heating Values of Wood Pellets from Different Species. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, n. 7, p. 2634-2639. 2011.

VASSILEV, S. V.; BAXTER, D.; ANDERSEN, L. K.; VASSILEVA, C. G. An overview of the chemical composition of biomass. **Fuel**, v. 89, n. 5, p. 913-933. 2010.

VIEIRA, A. C. **Caracterização da biomassa proveniente de resíduos agrícolas**. 2012. 56 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – UNIOESTE, Cascavel, 2012.

WILLIAMS, C. L.; WESTOVER, T. L.; EMERSON, R. M.; TUMULURU, J. S.; LI, C. Sources of Biomass Feedstock Variability and the Potential Impact on Biofuels Production. **Bioenergy Research**, v. 9, p. 1-14, 2016.

ZHANG, L.; XU, C.; CHAMPAGNE, P. Overview of recente advances in thermo-chemical conversion of biomass. **Energy Conversion and Management**, v. 51, n. 5, p. 969-982, 2010.

ZANETTI, J. B. **Identificação de genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) de alta produção de biomassa com qualidade para fins energéticos**. 2010. 73 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2010.

Embrapa

Cerrados

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL