



ARTIGO CIENTÍFICO

Produção e avaliação de briquetes de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivados com doses de nitrogênio

Production and evaluation of elephant grass briquettes (*Penisetum pupureum* Shum.) grown with nitrogen rates

Juscileia de Souza Lima¹, Marcelo Xisto Ribeiro², Felipe Silva Amorim³, César Henrique Alves Borges⁴, Maílson Pereira de Souza⁵, Yara Karolynne Lopes Abreu⁶

Resumo: A produção de briquetes surge como uma forma alternativa no reaproveitamento de resíduos lignocelulósicos, concentrando a energia disponível na biomassa, visando a problemática do armazenamento de resíduos, produzindo biocombustível. O objetivo desse trabalho foi produzir briquetes utilizando resíduo de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivar Carajás, adubado com diferentes doses de nitrogênio avaliando quanto à descompressão, índice de combustão (ICOM), massa, volume, densidade, altura e diâmetro. O capim elefante recebeu dosagens de 200 e 400 kg de N/ha. A coleta foi realizada em diferentes épocas: 60, 75 e 90 dias. Após a coleta, o material foi armazenado em sacos de fibra e deixado para climatizar com temperatura e umidade controlada (20°C e 60%). O material foi triturado com o auxílio de um moinho. Posteriormente, para cada briquete produzido pesou-se 40 g de biomassa, na qual foi compactada em uma prensa hidráulica de 15 Toneladas. A pressão utilizada foi de aproximadamente 152,7 kgf/cm² e temperatura de ±118°C. O delineamento experimental utilizado foi o fatorial 2X3. Os índices de combustão encontrados variaram de 1,93 a 3,30, tais resultados mostraram-se ótimos, pois briquetes com maior ICOM possuem qualidade superior, pois uma menor massa desse material seria consumida em menor período de tempo de combustão e uma temperatura mais elevada seria atingida. A partir da análise de regressão foi visto que o ICOM independe da densidade do briquete. As variáveis altura, volume e diâmetro não diferiram estatisticamente entre si, havendo apenas diferença estatística nos parâmetros densidade, massa e ICOM.

Palavras-chave: Compactação, descompressão, índice de combustão, resíduos.

Abstract: The production of briquettes is an alternative way in the reuse of lignocellulosic waste, concentrating the energy available from biomass, aimed at waste storage problem, producing biofuel. The aim of this work was to produce briquettes using elephant grass residue (*Pennisetum purpureum* Schum.) grow cops Carajás, fertilized with different nitrogen rates, and assesses them as decompression, combustion index (ICOM), mass, volume, density, height and diameter. The elephant grass received dosages of 200 and 400 kg N / ha. The collection was carried out at different times: 60, 75 and 90 days. After collection, the material was stored in fiber bags and left to acclimatize with controlled temperature and humidity (20 ° C and 60%). The material was milled with the aid of a mill. Subsequently, for each briquette produced weighed 40 g of biomass, which was compressed in a hydraulic press 15 Tons. The pressure used was approximately 152.7 kgf / cm² and ± 118°C temperature. The experimental design was factorial 2X3. The combustion rates found ranged from 1.93 to 3.30, such results were excellent, since briquettes ICOM have more superior as a smaller mass of this material would be consumed in a shorter period of time and a combustion temperature more high be achieved. From the regression analysis it was seen that the ICOM independent of briquette density. The variable height, volume and diameter did not differ among themselves, with only statistical difference in density parameters, mass and ICOM.

Key words: Compression, decompression, combustion index, waste.

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 05/03/2016; aprovado em 19/05/2016

¹Engenheira Florestal, UFPI/CPCE, Bom Jesus-PI, Fone: (86) 98103-8124, E-mail: juscileia.ls@gmail.com

²Professor, UFPI/CPCE, E-mail: marceloxisto@hotmail.com

³Mestrando, PPGCF/CSTR/UFCEG, Patos - PB; E-mail: felipeamorim36@hotmail.com

⁴Mestrando, PPGCF/CSTR/UFCEG, Patos - PB, E-mail: cesarhenrique27@yahoo.com.br

⁵Mestrando, PPGCF/CSTR/UFCEG, Patos - PB, E-mail: mps_51@hotmail.com

⁶Mestranda, PPGBEA/UFRPE, Recife, E-mail: yaralopesa@hmail.com



INTRODUÇÃO

Abusca por fontes renováveis de energia utilizando meios alternativos vem crescendo cada vez mais diante das preocupações ambientais e da escassez de lenha, principalmente quando se observa a demanda mundial. O surgimento de novas tecnologias sustentáveis associados á queda na disponibilidade de recursos energéticos de origens fósseis incentivou o estudo da utilização da biomassa como fonte de energia, criando opções para sua utilização (QUIRINO 2003).

Tais buscas acarretam uma grande discussão e ganham destaque cada vez mais diante do cenário energético atual. Globalmente falando, o aumento populacional ocasiona uma maior demanda e uso de produtos para geração de energia, principalmente nos países onde a madeira é amplamente utilizada para este fim (PAULA et al., 2011).

De acordo os mesmos autores, uma das alternativas encontradas para a redução da pressão sobre as florestas e um menor desperdício é o aproveitamento de resíduos, pois os resíduos necessitam de um destino adequado, por que além de ocasionar impactos ambientais, representa perda de matéria-prima e energia, exigindo um maior controle da poluição por ele gerada.

O resíduo é tudo aquilo que sobra de um processo de produção ou exploração, de transformação ou de utilização. É toda substância, material ou produto destinado, por seu proprietário, ao abandono.

O uso de resíduos lignocelulósicos vem crescendo diante da oferta de madeira, e tais resíduos são assim chamados porque contém na sua constituição lignina e celulose sendo, em sua maior parte, de origem vegetal. Como exemplo pode-se citar todos os rejeitos oriundos da madeira ou da indústria madeireiras, até mesmo móveis velhos, restos em madeira de demolições, resíduos de culturas agrícolas ou de beneficiamento, postes, estacas, dormentes, paletes e embalagens em fim de vida e etc.

Os resíduos florestais agrícolas são produzidos durante processos comuns na área, tais como a exploração e posterior ao processamento da madeira. No caso da exploração florestal, os resíduos são deixados nas áreas exploradas sem nenhum aproveitamento e, muitas vezes, ocasionam problemas nos tratamentos culturais subsequentes. Em culturas agrícolas, o mesmo ocorre. Considerável volume de resíduos é deixado no local de colheita e, durante seu beneficiamento, grande quantidade de biomassa é descartada (PAULA et al., 2011).

Os resíduos florestais e agrícolas são produzidos durante processos comuns na área tais como a exploração e posterior ao processamento da madeira. No caso da exploração florestal, os resíduos são deixados nas áreas exploradas sem nenhum aproveitamento e, muitas vezes, ocasionam problemas nos tratamentos culturais subsequentes.

Para às florestas plantadas, a quantidade de resíduos gerados durante todo o processo produtivo chega a atingir mais da metade da madeira bruta, sendo que esse valor tende a ser maior em florestas nativas (DIAS et al., 2012).

O capim elefante é originária e nativa do continente africano, onde apresenta regime pluviométrico anual de 1000 mm, introduzida no Brasil no início do XX, pertencente á família *Poaceae*, gênero *Pennisetum* (BRUKEN, 1977).

Essa espécie é caracterizada pela grande quantidade de biomassa produzida (OLIVEIRA et al., 2013), porém,

juntamente com a grande quantidade de biomassa produzida, grandes quantidades de resíduos são gerados. Diante disso torna-se necessário buscar uma forma que faça o aproveitamento desses resíduos.

Na utilização de resíduos lignocelulósicos, a briquetagem seria uma forma de utilização, transformando-os em biocombustíveis sólidos (AMORIM et al., 2015). A briquetagem consiste em utilizar a biomassa para transformá-la em um combustível sólido denso, com baixo teor de umidade, com alta densidade energética, possuindo forma regular/padrão, facilitando assim seu transporte e armazenamento (QUIRINO et al., 2012).

Diante da grande geração de resíduos oriundos da produção de capim elefante, poluindo o meio ambiente, o presente estudo teve como objetivo produzir e avaliar briquetes a partir dos resíduos de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) adubados com diferentes de nitrogênio, visando o aproveitamento de resíduos na produção de biocombustíveis.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção da biomassa

O resíduo lignocelulósico utilizado para briquetagem foi obtido na Fazenda Alvorada, Localizada no município de Alvorada do Gurgueia (PI). Os resíduos utilizados foram da espécie agrícola capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) - cultivar Carajás. A espécie foi escolhida para experimento por ter uma grande quantidade de resíduos e por interesse científico. O capim elefante foi adubado com diferentes doses de nitrogênio, 200 e 400 Kg N/ha. A coleta do capim elefante foi realizada em diferentes épocas sendo consideradas 60, 75 e 90 dias após a semeadura. Para cada dia de coleta do capim elefante, foi designado uma dosagem de nitrogênio, sendo: 60 dias /200 kg de N/ha, 60 dias /400 kg de N/ha, 75 dias /200 kg de N/ha, 75 dias/400 kg de N/ha, 90 dias /200 kg de N/ha e 90 dias /400 kg de N/ha.

Após a coleta, a biomassa foi armazenada em sacos de fibra e encaminhada para o Laboratório de Manejo Florestal e Tecnologia da Madeira, localizado na Universidade Federal do Piauí, no município de Bom Jesus-PI, e deixada para climatizar no laboratório com temperatura e umidade controlada (20°C e 60%).

Antes da produção dos briquetes, visando melhor qualidade dos mesmos, foi analisada a umidade da biomassa, e testes para estabelecer a pressão, tempo, temperatura e massa utilizada no processo de briquetagem.

Briquetagem

Para a produção dos briquetes, a biomassa foi triturada com o auxílio de um moinho de facas tipo Muller (Figura 01). Posteriormente, para cada briquete produzido pesou-se 40 g de biomassa em uma balança analítica com precisão de 0,001g e levada para compactação em uma prensa hidráulica de 15 Toneladas (Figura 02), adaptada com um botijão de gás, um aparelho lança chamas, um suporte universal, três cilindros de ferro oco (30 mm x 250 mm), dois cilindros de ferro maciço (29 mm x 250 mm e 29 mm x 150 mm), dois suportes para os cilindros de ferro oco, um para compactação e outro para retirada do briquete, conforme metodologia adotada por Amorim et al. (2015). A pressão utilizada para produção dos briquetes foi de aproximadamente 152,7 kgf/cm², e temperatura de ±118°C.

Figura 1. Moinho Muller.



Fonte: Autor (2016)

Figura 2. Prensa hidráulica adaptada.



Fonte: Autor (2016)

Teste de descompressão

Os briquetes foram avaliados em relação à descompressão, onde as variáveis analisadas foram volume e densidade aparente. A avaliação ocorreu semanalmente durante 56 dias (oito semanas), após a produção dos briquetes. Para tal teste foram usados cinco briquetes para cada dose de nitrogênio e dias de coleta, totalizando 30 briquetes (Figura 03). Durante todo esse tempo os briquetes ficaram acondicionados em sala de climatização em temperatura e umidade de aproximadamente 24°C e 60%, respectivamente. O delineamento experimental utilizado para o teste de descompressão foi o DIC e para análise dos dados foi feita em fatorial 2x3 a 5% de probabilidade.

Figura 3. Briquetes para teste de descompressão.



Fonte: Autor (2016)

Determinou-se a densidade aparente a partir do método estereométrico, calculando-se o volume e massa do briquete, com o auxílio de um paquímetro digital e uma balança de precisão de 0.001 g, utilizando a seguinte fórmula:

$$D = m / v$$

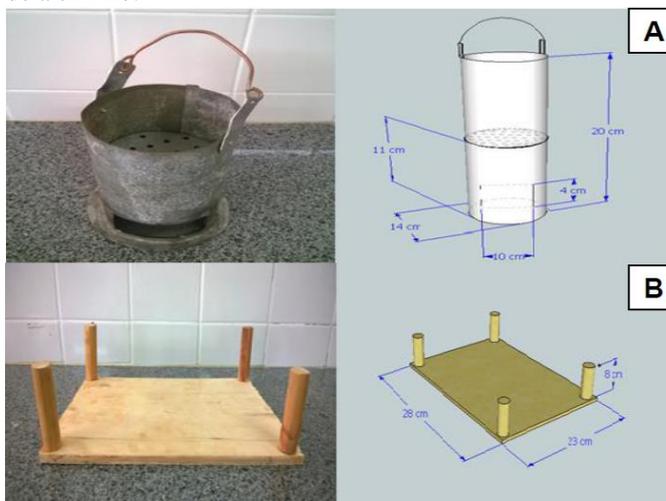
Onde:

D: densidade aparente;
m: massa (g); e
v: volume (cm³).

Teste de combustão – ICOM

Para avaliar o comportamento dos briquetes quanto a sua combustão, utilizou-se um equipamento semelhante ao proposto e desenvolvido por Quirino e Brito (1991). O equipamento é composto por um combustor fabricado em zinco, uma base de madeira com tabiques, uma base de alumínio, um termômetro digital, uma balança com capacidade de 5 kg e um anteparo de alumínio (Figura 04).

Figura 4. Aparelho de combustão. A) combustor de zinco; B) base de madeira e tabiques; C) base de alumínio e; D) aparato de alumínio.





Fonte: Amorim et al., (2015)

Para esse teste foram usados quatro briquetes para as biomassas com dose de nitrogênio e dias de coletas diferentes, ou seja, para cada dose x dias foram usados quatro briquetes totalizando 24 briquetes utilizados em todo teste. A Tabela 01 a seguir mostra a massa dos briquetes utilizados nesse teste:

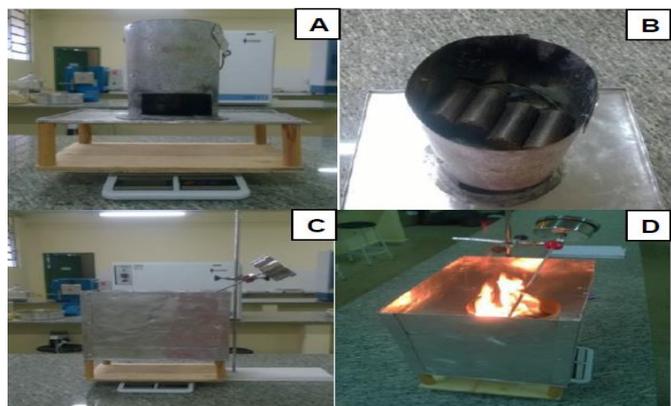
Tabela 1 – Massa dos briquetes para teste de combustão.

Doses de N/ha	Dias de coleta		
	60	75	90
200 kg	135 g	141 g	141g
400 kg	140 g	142g	141g

Ao observar a tabela, percebe-se que a massa total dos quatro briquetes utilizados para esse teste foi de $140 \pm 5g$.

Inicialmente as bases e o combustor foram colocados sobre a balança de precisão. O combustor foi carregado com briquetes. A ignição ocorreu com a combustão de 20g de álcool, em um recipiente de alumínio. Logo após a ignição do álcool, o aparato foi colocado a fim de garantir a queima total dos briquetes, protegendo-os da movimentação do ar. Todo o álcool foi consumido no minuto inicial do teste, não influenciando nos resultados. Por fim, o suporte universal com o termômetro digital. A madeira com os tabiques possuía a função de proteger a balança das altas temperaturas (Figura 05).

Figura 5. Realização do ensaio de combustão. A) combustor, base de alumínio, base de madeira, balança digital; B) Briquetes sobre o combustor; C) Equipamento completo; D) Briquetes em combustão.



Fonte: Autor (2016)

Fonte: Amorim et al., (2015).

O processo de combustão aconteceu num período de tempo equivalente a uma hora e meia. A cada cinco minutos foram coletados dados de temperatura e massa. Com o aparato, obteve-se a massa e a temperatura em função do tempo durante a combustão.

A cada cinco minutos foram coletados dados de temperatura e massa, com isso foi possível construir gráficos de tempo x temperatura e tempo x massa.

A partir de pontos característicos desses gráficos calculou-se o índice de combustão (ICOM) esse índice representa de forma qualitativa o desempenho do combustível sólido na geração de energia na forma de calor, utilizando-se a equação, desenvolvida por Quirino & Brito (1991):

$$ICOM = (A \times B) / (100 \times C)$$

Sendo:

ICOM = índice de combustão;

A = porcentagem do tempo em que a temperatura permaneceu acima de 150°C;

B = porcentagem da temperatura máxima atingida em relação à temperatura de 150°C; e

C = porcentagem da massa total consumida gerando altas temperaturas acima de 150°C.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os briquetes produzidos a partir da compactação de resíduos de capim-elefante apresentaram boa consolidação, como pode ser observado na Figura 6, em que se apresentavam-se nas dimensões 4x3cm e massa de 36 g.

Figura 6. Briquetes produzidos a partir da compactação de capim elefante.



Pré-teste

Quanto a análise da umidade da biomassa obteve-se o valor de 6 %, cumprindo o indicado por Dias et al. (2012), onde os autores dizem que a umidade indica para um bom biocombustível tem que está entre 5-10%.

Em relação aos testes feitos para briquetagem, utilizou-se a pressão de 152,7 kgf/cm² e temperatura de ±118°C.

Teste de descompressão

As medições de densidade e volume logo após a briquetagem são apresentadas na Tabela 2.

Tabela – 2. Massa específica dos briquetes, logo após prensagem.

Trat	Matéria prima	Diâmetro (cm)	Altura (cm)	Volume (cm ³)	Massa (g)	Densidade (g/cm ³)
T1	60/200	2,951	3,956	22,652	32,212	1,422
T2	75/200	2,961	3,966	22,706	34,101	1,502
T3	90/200	2,961	4,011	22,962	33,567	1,463
T4	60/400	2,997	4,044	23,158	33,392	1,442
T5	75/400	2,969	4,05	23,187	33,392	1,440
T6	90/400	2,989	4,04	23,132	34,783	1,503

De acordo com a Tabela 3 os briquetes que apresentaram menor densidade foram os do Trat. 1 (60/200) de 1,425 g/cm³, enquanto que o Trat. 6 (90/400) apresentou a maior densidade (1,503 g/cm³).

Se comparado aos briquetes de capim-elefante feitos por Yamaji et al., (2013) que obtiveram densidade de 0,87g/cm³, os briquetes produzidos nesse trabalho apresentaram maior densidade.

Os mesmos autores afirmam que briquetes que apresentam altas densidades permitem maior acondicionamento, devido ao fato de que materiais densos são menos higroscópicos e como consequência, apresentam menor ocorrência de problemas no manuseio e transporte.

A Tabela 3 mostra os resultados para os briquetes após ficarem oito semanas (56 dias) acondicionadas em local com temperatura de 20°C e umidade de 60%.

Tabela 3: Massa específica dos briquetes após acondicionamento a 20° C e 60% de umidade relativa.

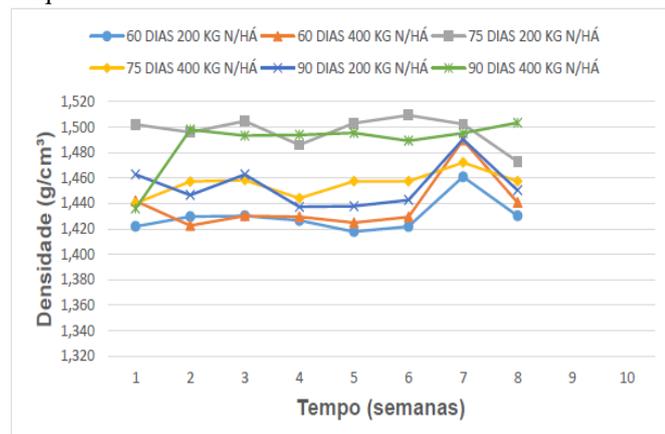
Trat	Matéria prima	Diâmetro (cm)	Altura (cm)	Volume (cm ³)	Massa (g)	Densidade (g/cm ³)
T1	60/200	2,990	4,026	23,053	32,960	1,410
T2	75/200	3,200	4,130	23,664	34,787	1,473
T3	90/200	3,015	4,138	24,316	33,690	1,450
T4	60/400	3,027	4,360	24,964	34,480	1,383
T5	75/400	2,996	4,246	24,312	34,781	1,431
T6	90/400	3,039	4,389	25,130	35,948	1,436

Os briquetes sofreram uma pequena expansão durante o acondicionamento por oito semanas, o que resultou na diminuição da densidade. Os briquetes também mostraram um aumento na massa, isso se dá através da absorção da umidade do ar.

Desse modo, seu armazenamento deve ser realizado em condições controladas de temperatura e umidade, para evitar a absorção de umidade e a consequente redução da sua qualidade.

O gráfico da figura 07 mostra o comportamento da densidade no decorrer de oito semanas.

Figura 07: Gráfico do comportamento da densidade dos briquetes.



Os briquetes mostraram comportamento variado, sendo o Trat. 2 (75/200) aquele em que foi observada a maior taxa de descompressão entre as partículas.

Neste caso, da primeira para a última observação, nota-se um aumento de 0,029g/cm³ na densidade.

Já o Trat. 4 (60/400) foi aquele que apresentou menor taxa de descompressão (aumento de 0,001g/cm³), porém a variável densidade aparente não foi significativa a 5% de probabilidade.

Protásio et al. (2013) explica que isso ocorre devido a baixa variação da densidade aparente dos briquetes, e é um indicativo da alta estabilidade desses biocombustíveis produzidos a partir da compactação desse tipo de material, e que quando se analisa a descompressão, quanto menor a variação da densidade ao decorrer do tempo, melhor será o briquete, pois uma diminuição da densidade aparente dos briquetes pode elevar os custos de transporte além de acarretar uma diminuição na densidade energética.

Como o período de avaliação para este trabalho foi relativamente curto, a variação não foi alta. Recomenda-se que o teste seja repetido e avaliado por um período de tempo maior. Pôde-se observar também que a densidade começou a diminuir a partir da sétima semana. Possivelmente essa diminuição deve-se ao aumento do volume.

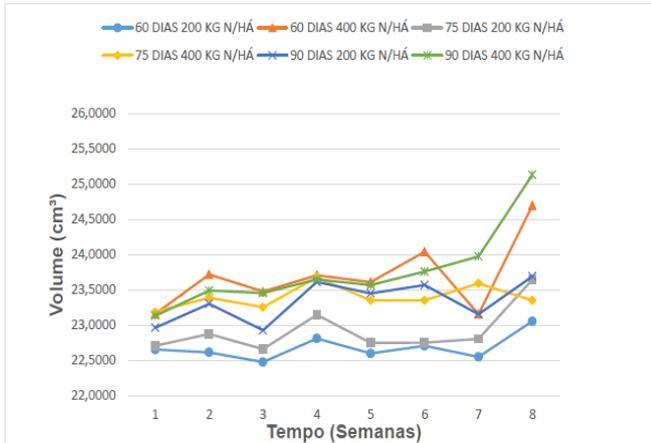
Ao analisar o trabalho de Yamaji et al. (2013), observou-se que os dados de densidade obtidos neste trabalho são superiores. Os autores avaliaram briquetes produzidos com bagaço de cana, folha de coqueiro e acícula de pinus

encontrando, respectivamente, 0,46g/cm³, 0,88 g/cm³ e 0,90g/cm³.

Quirino et al. (2012), trabalhando com resíduos de madeira de *Eucalyptus* sp., encontrando valores médios de densidade aparente entre 1,18 – 1,34 g/cm³, valores esses próximos aos encontrado nesse trabalho.

A seguir, o gráfico da Figura 8, demonstra as variações do volume durante o prazo de avaliação (8 semanas).

Figura 08: Gráfico do comportamento do volume no decorrer de oito semanas.



Para o volume, os briquetes mostraram comportamento variado sendo o Trat. 6 (90/400) aquele que foi observada a maior variação de volume com 1,998 cm³, já para o Trat. 5 (75/400) foi observado a menor variação quanto ao volume que foi de 0,164 cm³. O aumento do volume afeta diretamente na descompressão das partículas, isso pode ser explicado através da ação da higroscopicidade nas partículas formadoras do briquete, acarretada possivelmente pelo começo do período chuvoso. Contudo o efeito do volume na descompressão foi não significativo a 5% de probabilidade. Esse resultado sugere que, com vista á produção energética, os briquetes com diferentes doses/dias de coleta apresentaram bons resultados, pois estaticamente não apresentaram variação volumétrica após seu acondicionamento.

Tais resultados mostram que ao ficar armazenado por oito semanas não houve nenhuma modificação na qualidade do briquete não importando a suas características de dias de coleta e dose de nitrogênio mostrando que sua utilização após determinado tempo é viável, porem recomenda-se uma análise com maior tempo, assim podendo testar se os briquetes podem passar mais tempos armazenados antes de seu uso.

Teste de combustão - ICON

O teste foi executado com duração de uma hora e meia e verificou-se, por meio da Figura 09, que as temperaturas alcançadas variaram de acordo com cada curva característica á dose de nitrogênio/dia de coleta. Os valores apresentados na tabela 4 referem-se á determinação direta dos valores obtidos a partir da queima total de todos os briquetes, de cada tratamento (quatro briquetes/ tratamento).

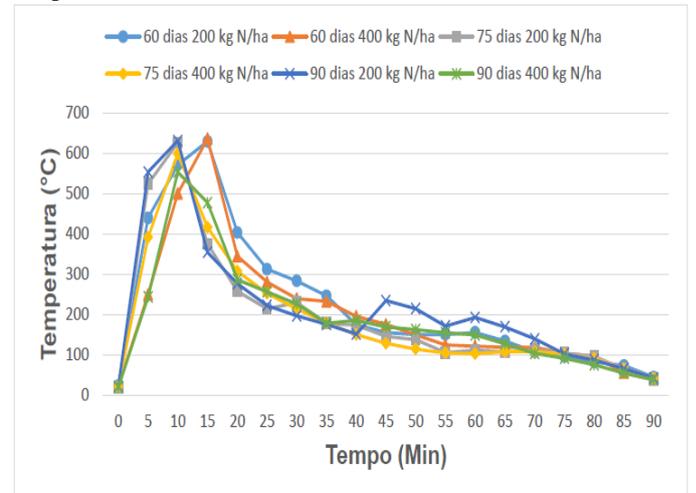
Tabela 4: ICOM dos briquetes.

Biomassa	ICOM
60/200	3,00
75/200	2,16
90/200	3,30
60/400	2,52
75/400	1,93
90/400	2,69

Pela análise do ICOM obtido neste trabalho, observa-se na tabela 6, uma variação de 1,93 a 3,30. Quirino e Brito (1991) encontraram valores de 0,31 a 1,23 para briquetes produzidos com carvão vegetal misturado a serragem, carvão mineral, nitrato, cinzas e aglomerante. Paula et al. (2011) afirmam que briquetes com maior ICOM possuem qualidade superior, pois uma menor massa desse material seria consumida para um dado período de tempo de combustão, e uma temperatura mais elevada seria atingida. Logo, para uso industrial, o ideal é que os briquetes apresentem um ICOM mais elevado possível.

A seguir, o gráfico da figura 09 mostra a evolução da temperatura ao decorrer de uma hora e meia.

Figura 09: Gráfico da evolução da temperatura em função do tempo de combustão.



Os briquetes tiveram picos de temperaturas variando entre 5 e 20 minutos, onde observou-se que as três variações que mostraram maior temperatura foram, 60/400 que atingiu a maior temperatura com 637°C aos 15 minutos de teste, seguida pela 90/200 com 632°C aos 10 minutos de teste e 60/200 com 630°C aos 15 minutos de teste. Amorim et al. (2015) obtiveram temperatura inferior para serragem de pinus com 508 °C.

Em relação ás baixas temperaturas atingidas a partir de um tempo de 45 minutos, a temperatura da variação 75 dias 200 kg de N/ha e 75 dias 200 kg de N/ha ficaram abaixo do patamar pré-estabelecido no teste (150°C), seguido por 60 dias 200 kg de N/ha com 55 minutos de teste, 60 dias 400 kg de N/ha e 90 dias 400 kg de N/ha com 65 minutos de teste e por fim 90 dias 200 kg de N/ha com 70 minutos de teste.

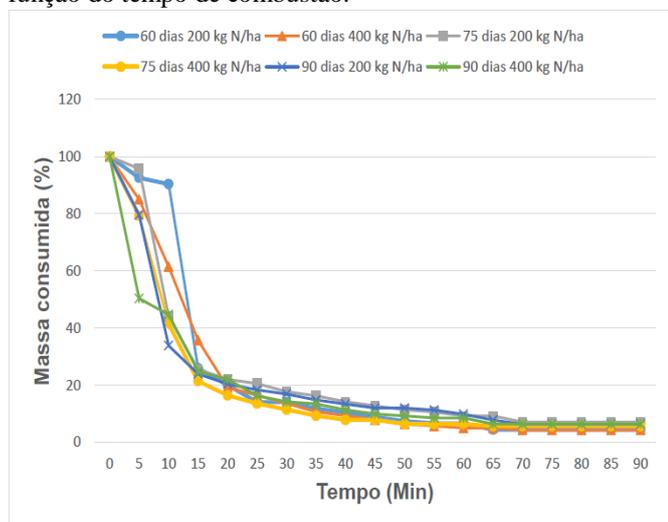
A temperatura final que os briquetes atingem no teste, após 90 minutos, obtiveram resultados parecidos 40°C ± 5°C como se pode observar na Tabela 5 a seguir.

Tabela 5: Temperatura após 90 minutos de teste.

Doses	Dias de coleta		
	60	75	90
200 kg/N/ha	45	40	43
400 kg/N/ha	39	43	39

A porcentagem da massa consumida das seis repetições de briquetes em relação ao tempo de 90 minutos está explanada na Figura 10, demonstrando a variabilidade do consumo de acordo com a dose x dia de coleta.

Figura 10: Gráfico da evolução da Massa consumida em função do tempo de combustão.



Em relação à Figura 07, os briquetes oriundos da variação 60 dias 200 kg de N/há, consumiu 74,07% de toda a biomassa para chegar ao seu maior pico de temperatura (630°C), com 60 dias e 400 kg de N/ha consumiu 64,29% de toda biomassa para chegar ao seu pico de temperatura (637°C), 75 dias e 200 kg N/ha consumiu 56,03% de toda biomassa para chegar ao seu pico de temperatura (627°C), 75 dias 400 kg de N/ha consumiu 58,58% de toda biomassa para chegar ao seu pico de temperatura (600°C), 90 dias 200 kg de N/ha consumiu 66,2% de toda biomassa para chegar ao seu pico de temperatura (632°C), 90 dias e 400 kg de N/ha consumiu 55,32% de toda biomassa para chegar ao seu pico de temperatura (554°C), sendo que 60/200 e 60/400 levaram 15 minutos para ter esse consumo no pico da temperatura e 75/200, 75/400, 90/200 e 90/400 levaram 10 minutos para ter esse consumo no pico de temperatura.

A massa total consumida para 60/200, 60/400, 75/200, 75/400, 90/200 e 90/400 teve uma variação baixa de 95,56%, 95,56%, 95,71%, 92,91%, 92,91%, 94,29%, 93,62% respectivamente.

Tabela 6 – Análise estatística das variáveis dos briquetes.

Capim elefante	Altura (cm)	Diâmetro (cm)	Massa (g)	Volume (cm ³)	Densidade (cm ³)	ICOM
60/200	3,956A	2,951A	32,212B	22,652A	1,422B	3,000B
75/200	3,966A	2,961A	34,101A	22,706A	1,502A	2,160B
90/200	4,011A	2,961A	33,567A	22,962A	1,463B	3,300A
60/400	4,044A	2,997A	33,392A	23,158A	1,442B	2,520B
75/400	4,050A	2,969A	33,392A	23,187A	1,440B	1,930C
90/400	4,040A	2,989A	33,392A	23,132A	1,503A	2,690B

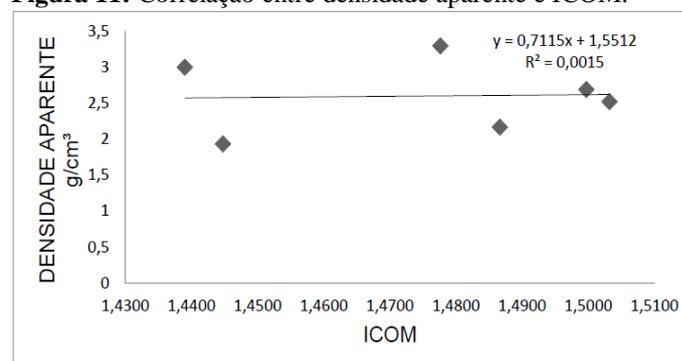
Em um determinado tempo do percebe-se que a massa fica constante até o final do teste, as variações tiveram diferentes massas finais, porem sem grandes variações, onde 60/200 apresentaram a massa constante de 6 g a partir de 65 minutos, 60/400 a partir de 70 minutos com 6 g de massa, 75/200 com 10 g aos 70 minutos, 75/200 com 8 g aos 65 minutos, 90/200 a partir de 70 minutos com 9 g de massa e 90/400 com 9 g após 65 minutos de teste.

Pode-se perceber que a massa final de cada variação se diferenciou pouco, isso ocorreu possivelmente por que os briquetes são provenientes da mesma espécie.

Porem atreves dos dados de Filho et al., (1998), avaliando a produtividade e a qualidade do capim-elefante cultivar roxo em diferentes idades de corte (40-60-80-100 dias) verificaram que a produção de MS foi diretamente proporcional ao número de dias, que consequentemente tem mais MS para queimar obtendo-se pequenas quantidades de resíduo no final da queima.

O gráfico da figura 11 mostra a existência ou não da correlação entre a densidade e o ICOM.

Figura 11: Correlação entre densidade aparente e ICOM.



No gráfico da figura 8 observa-se que o coeficiente de correlação apresenta um valor de 0,15%, isso implica em dizer que a 0,15% de probabilidade de haver uma correlação linear direta entre a densidade aparente de o ICOM, mostrando que a densidade não interfere no ICOM.

Paula (2011) analisou briquetes provenientes de várias biomassas (folha de milho, arroz, bagaço de cana, maravalha, pergaminho, palha cana, caule soja, madeira, vagem de soja) obteve um coeficiente de correlação de 0,13%, indicando que o ICOM não sofreu influência da densidade aparente dos briquetes.

Por fim, na tabela 8, é demonstrada a análise estatística dos parâmetros utilizados na avaliação dos briquetes, utilizando-se o teste Tukey a 5% de significância.

De acordo a análise estatística da Tabela 8, as médias dos parâmetros altura, diâmetro e volume na diferiram estatisticamente entre si.

Já para a variável massa, o briquete produzido a partir do capim elefante colhido aos 60 dias com adubação de 200 kg de N/ha diferenciou-se estatisticamente das demais, possuindo média inferior.

Para massa, os briquetes produzidos a partir do capim elefante colhido aos 60 dias com adubação de 200 kg de N/ha, possuiu média inferior aos demais, diferenciando-se estatisticamente.

Em relação a densidade, os briquetes produzidos a partir do capim elefante colhido aos 60 e 90 dias com adubação de 200 kg de N/ha e colhidos com 60 e 75 dias com adubação de 400 kg de N/ha, possuíram média inferior aos demais.

Para o ICOM, os briquetes produzidos a partir do capim elefante colhido aos 90 dias com adubação de 200 kg de N/ha, possuiu média superior aos demais. Os briquetes produzidos a partir do capim elefante colhido aos 75 dias com adubação de 400 kg de N/ha, obteve a menor média com 1,930.

CONCLUSÕES

É possível a produção de briquetes utilizando capim elefante.

Os briquetes de capim obtiveram densidade acima de 1,3 g/cm³, mostrando-se briquetes de qualidade quando se fala dessa variável.

É possível a utilização os briquetes depois de oito semanas sem a perda significativa da qualidade que o briquete tinha após prensagem.

As doses de N assim como os dias de coleta não influenciaram na qualidade dos briquetes, então se pode usar qualquer dose de N com dias de coleta de 60, 75 e 90 dias de coleta.

Os testes mostraram que é possível obter briquetes de qualidade provenientes de resíduos de capim elefante.

É recomendado avaliar os briquetes quanto a descompressão por mais tempo, pois tal variável pode indicar o tempo adequado de armazenamento. Testes de resistência mecânica ainda precisam ser realizados, para comprovar total utilização e qualidade dos briquetes.

REFERÊNCIAS

AMORIM, F. S.; RIBEIRO, M. X.; PROTÁSIO, T. P.; BORGES, C. H. A.; COSTA, R. M. C. Produção de briquetes a partir de espécies florestais. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, vol. 10, n. 4, p. 34-41, 2015.

BRUNKEN, J. Systematic survey of Pennisetum sect. Pennisetum (Graminae). *American Journal of Botany*, v.64, p.161-176, 1977.

DIAS, J. M. C.; DE SOUSA, D. T.; BRAGA, M.; ONOYAMA, M. M.; MIRANDA, C. H. B.; BARBOSA, P. F. D.; ROCHA, J. D. Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas agroindustriais e florestais. EMBRAPA – AGORENERGIA. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2012.

FILHO, J. L. Q.; SILVA, D. S.; NASCIMENTO, I. S.; SANTOS, E. A.; FILHO, J. J.O. Produção de matéria seca e

qualidade de cultivares de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 27, n.2, p. 262-266, 1998.

OLIVEIRA, A. V.; DAHER, R. F.; MENEZES, R. S.; GRAVINA, D. A.; SOUSA, L. B.; GONÇALVES, A. C. S.; OLIVEIRA, M. L. F. Avaliação do desenvolvimento de 73 genótipos de capim-elefante em campo de Goycotazes –RJ. *Revista Brasileira de Indústria de animais*.

PROTÁSIO, T. P.; ALVES, I. C. N.; TRUGILHO, P. F.; SILVA, V. O.; BALIZA, A. E. R. Compactação de biomassa vegetal visando à produção de biocombustíveis sólidos. *Pesquisa florestal brasileira*, v. 31, n. 68, p. 273-283, 2011.

PAULA, L, E, R.; TRUGILHO, P. F.; DE ASSIS, C. O.; BALIZA, A. E. R. Produção e avaliação de briquetes de resíduos lignocelulósicos. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 31, n. 66, p. 103-112, 2011.

QUIRINO, W. F. Utilização energética de resíduos vegetais. Brasília: IBAMA, LPF. 2002, 31p.

QUIRINO, W. F.; PINHA, I. V. O.; MOREIRA, A. C. O.; DE SOUZA, F.; FILHO, M. T. Densimetria de raios x na análise da qualidade de briquetes de resíduos de madeira. *Scientia Forestalis*, v. 40, n. 96, p. 525-536, 2012.

YAMAJI, F. M.; VENDRASCO, L.; CHRISOSTOMO, W.; FLORES, W. P. Análise do comportamento higroscópico de briquetes. *Energia na Agricultura*, v. 28, n. 1, p. 11-25, 2013.