

Propriedades Energéticas de Briquetes de Resíduos de Erva-Mate (*Ilex paraguariensis*)

Camila Malherbi Bortoluzzi¹

Resumo

O presente trabalho permite analisar as propriedades energéticas de briquetes de folhas canheadas de erva-mate e serragem. A utilização da bioenergia contribui para o aumento da matriz energética e uma opção são os biocombustíveis sólidos. Os briquetes os quais através do processo de compactação adquirem um alto poder energético. As análises do teor de cinzas, umidade e poder calorífico verificam a eficiência destes. Para as análises de densidade, poder calorífico, umidade e teor de cinzas utiliza-se normas vigentes bem como as padronizadas para verificação destes parâmetros. Os resultados obtidos indicam que estes briquetes apresentam características que os tornam viáveis para obtenção de energia, porém se faz necessários estudos que verifiquem a disponibilidade e viabilidade de utilização das folhas canheadas evitando assim a competição, uma vez que este trabalho utiliza a erva-mate que pode levar a competição com a área de alimentos. A utilização de fontes renováveis de energia supre quantidades energéticas significativas reduzindo o impacto ambiental. Nas indústrias a grande quantidade de resíduos produzidos acelera o processo de acúmulo de lixo, causando sérios problemas ambientais. A utilização de práticas como a briquetagem a qual consiste em melhorar a eficiência energética transformando resíduos em combustíveis sólidos diminui o acúmulo desses. Em indústrias de erva-mate são produzidos resíduos os quais passando pelo processo de briquetagem aumentam suas características energéticas, sendo possível reutilizá-los tanto na própria indústria em processos aonde a erva-mate é torrada quanto em outras atividades que utiliza os briquetes como fonte de energia.

Palavras-chave: Biomassa; Dendroenergia; Co-produtos.

Energy Properties of Erva-Mate Waste Briquets (*Ilex paraguariensis*)

Abstract

The present work allows to analyze the energetic properties of leaf briquettes of yerba mate and sawdust. The use of bioenergy contributes to the increase of the energy matrix and solid biofuels are an option. The briquettes which through the process of compaction acquire a high energy power. Analyzes of the ash content, humidity and calorific value verify the efficiency of these. For the analysis of density, calorific value, humidity and ash content, current and standardized standards are used to verify these parameters. The results indicate that these briquettes have characteristics that make them viable to obtain energy. However, studies are necessary to verify the availability and feasibility of use of the crushed leaves, thus avoiding competition, since this work uses the yerba mate can lead to competition with the food area. The use of renewable energy sources provides significant energy quantities by reducing environmental impact. In industries the large amount of waste produced accelerates the process of garbage accumulation, causing serious environmental problems. The use of practices such as briquetting which

¹ Graduada em Ciências Biológicas (2013), Especialista em Educação Especial: Atendimento às Necessidades Especiais pela Faculdades Integradas do Vale do Ivaí - Univale (2014). Especialista em Vigilância Sanitária pela UNINTER (2016). Mestre em Bioenergia área de concentração: Biocombustíveis. Linha de pesquisa: Geração e caracterização de matéria-prima pela Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO).

improves energy efficiency by turning waste into solid fuels reduces the accumulation of these. In yerba mate industries, residues are produced which, undergoing the briquetting process, increase their energetic characteristics, being possible to reuse them both in the industry itself in processes where yerba mate is toasted and in other activities that use briquettes as a source of energy.

Keywords: Biomass; Dendroenergia; Co-products.

Propriedades Energéticas de Briquetes de Resíduos de Erva-Mate (*Ilex paraguariensis*)

1. Introdução

A utilização de energia proveniente de combustíveis fósseis é uma das grandes ameaças ao meio ambiente. Os gases liberados no processo de combustão desses combustíveis são grandes causadoras de poluição ambiental (VASCONCELLOS et al., 2004).

Outra causa de degradação ao meio ambiente é o aumento do setor industrial, o qual contribui para geração e acúmulo de resíduos, os quais não possuem destinação correta. O grande volume desses está relacionado principalmente com indústrias do setor agroindustrial.

De acordo com Goldemberg; Lucon (2006), as agroindústrias utilizam a matéria-prima resultante da agropecuária, transformando esses produtos e os comercializando. Por não apresentarem uma destinação e reaproveitamento correto, os resíduos acumulados pelas agroindústrias acabam acarretando problemas ambientais.

Algumas alternativas são estudadas para o reaproveitamento dos resíduos. Uma opção de reutilização de produtos acumulados e sem finalidade nas empresas é a briquetagem, a qual utiliza a matéria orgânica vegetal para geração de energia limpa. De forma que a biomassa é compactada melhorando suas características energéticas.

Os briquetes substituem a lenha de forma vantajosa, uma vez que ocupam um menor espaço de armazenagem, apresentam um eficiente poder de queima e fácil manuseio. Sendo ecologicamente viáveis, reduzem a emissão de grandes quantidades de gás carbônico durante a queima (CAPOTE et al., 2012).

A produção de resíduos de erva-mate tem início nos ervais, quando a plantação é atacada por fungos, devido a condições favoráveis de umidade e temperatura, causando comprometimento total da planta. Nas indústrias ervateiras, após a colheita da erva-mate as folhas devem ser espalhadas para evitar oxidação, a qual danifica toda a produção.

Segundo Esmelindro et al. (2001), nas indústrias ervateiras o principal produto destinado a comercialização é a erva-mate para o preparo do chimarrão. Neste caso a matéria-prima utilizada são as folhas cancheadas, as quais são separadas dos palitos durante o processamento industrial, esses palitos são adicionados aos produtos produzidos pela indústria. No entanto, as folhas de erva-mate quando sofrem a ação de fungos ou são danificadas antes do processamento industrial são acumuladas na indústria.

A realização de estudos com novos resíduos para produção de bioenergia é de extrema importância. Diversificando a quantidade de matéria orgânica para produção de energia, ocorre uma diminuição dos resíduos bem como otimização do processo de geração de energia renovável (DE PAULA et al., 2011).

Os resíduos das indústrias de erva-mate quando compactados ampliam a capacidade energética da biomassa, sendo possível reutilizá-los tanto na própria indústria no processo de torrefação da erva-mate, quanto em outras atividades que utilizam os briquetes como fonte de energia. A utilização de fontes renováveis de energia reduz os impactos ambientais.

Tendo em vista tais fatos este trabalho tem como objetivo, analisar briquetes a partir de resíduos de erva-mate, folhas cancheadas e palitos, e analisar suas características como: umidade dos resíduos, densidade dos briquetes, poder de queima e armazenagem.

2. Referencial Teórico

A erva-mate (*Ilex paraguariensis*), pertence à família *Aquifoliaceae*, classificada pelo cientista Auguste François Cesar Prouvençal de Saint-Hilaire em 1822. É cultivada apenas na

América do Sul, sendo o seu plantio realizado o ano todo (SCORTEGAGNA; REZENDE; TRICHES, 2005).

A erva-mate é nativa da Argentina, Brasil e Paraguai. E possui uma grande importância na economia brasileira principalmente nos estados do Paraná, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul, devido a sua produção envolver desde pequenos agricultores até grandes indústrias ervateiras (CONTINI, 2006).

De acordo com Contini (2006), antes da chegada dos portugueses ao Brasil, os índios já conheciam o mate antes chamada “congonha”. A exploração dos ervais iniciou quando os colonizadores tomaram conhecimento do uso da erva-mate, sendo criadas estratégias que envolviam desde a produção até a comercialização. No Paraná as atividades envolvendo a erva-mate tiveram início nos engenhos a partir do século XIX, deslançando as atividades industriais e econômicas do estado.

Segundo Berger (2006), estudos relacionados à erva-mate se difundiram com os jesuítas, os quais perceberam que as sementes não germinavam naturalmente. Então começaram a ser desenvolvidas estratégias de plantio e colheita, bem como a publicação de trabalhos envolvendo a cultura da erva-mate.

A exploração da erva-mate é regulamentada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA), Portaria Normativa Nº 11-8-N de 12 de novembro de 1992:

A exploração da erva-mate deve obedecer à adoção de técnicas de condução e manejo, destinadas a maximizar a produção da massa foliar e a minimizar a ocorrência de prováveis danos aos ervais, visando compatibilizar o rendimento sustentado com a preservação da espécie (Art. 2º).

Nas indústrias ervateiras, a erva-mate passa por três processos: “sapeco, secagem e cancheamento”. O sapeco utiliza fogo de forma direta retirando boa parte da umidade presente nas folhas. Para o sapeco utiliza-se madeira de eucalipto, para evitar que a erva-mate adquira sabor. Na secagem, processo mais longo, a erva-mate passa por uma esteira onde as folhas são separadas dos palitos. As folhas seguem para o cancheamento onde são trituradas, e os palitos são adicionados à erva-mate para o consumo de chimarrão, tererê e chás. Em algumas indústrias, os palitos são utilizados no sapeco, reduzindo a quantidade de eucalipto utilizado pela empresa durante esta etapa (ESMELINDRO et al., 2001).

Desde sua disseminação, a erva-mate tem influenciado fortemente a economia. De acordo com o Sindicato da Indústria do Mate no Estado do Rio Grande do Sul (SINDIMATE/RS, 2010), no ano de 2010 foram produzidas 425.641 toneladas de erva-mate, arrecadando aproximadamente R\$ 159.838.000.

Em 1990, apenas os três estados da região Sul produziam erva-mate. A partir de 2000, o estado do Mato Grosso do Sul passou a desenvolver estratégias de plantio, aumentando ainda mais a quantidade de erva-mate produzida no Brasil (ESMELINDRO et al., 2001).

Em condições de alta umidade do solo nos ervais, as plantações são atacadas por fungos. Em 2001 foi descrita a fitopatologia que causa o apodrecimento das raízes da erva-mate, a qual é causada por fungos do gênero *Fusarium sp.* Essa doença tem como característica a mudança na coloração das folhas, deixando-as amareladas, causando senescência e morte da planta. Esta fitopatologia se dá pelo excesso de umidade e temperatura favorável ao aparecimento de fungos (POLETTO et al., 2006).

Além dos fungos do gênero *Fusarium sp.*, no estado do Rio Grande do Sul dois outros gêneros de fungos foram descritos em 2006, *Pythium sp.* e *Rhizoctonia sp.* Sendo que esses fungos também contribuem para o apodrecimento das raízes da erva-mate que leva ao comprometimento total da planta (POLETTO et al., 2007).

Segundo Goldemberg; Lucon (2006), o crescimento industrial e o aumento populacional

contribuem para a produção e aumento de resíduos. A destinação incorreta deles, principalmente por parte das indústrias, acarreta graves problemas de poluição ambiental. Os resíduos descartados irregularmente dificultam o processo de reaproveitamento, além do acúmulo desses causarem impactos ao meio ambiente. A inadequação no armazenamento dos resíduos agrava o desperdício de energia e matéria-prima (CAPOTE, 2012).

Indústrias madeireiras são grandes precursoras de problemas ambientais, devido à forma errônea de descarte de seus resíduos. Um dos grandes problemas dessas indústrias é o descarte de maneira errada e em grandes quantidades de serragem, a qual, segundo estudos, possui utilidade energética (GOLDEMBERG; LUCON, 2006).

Algumas estratégias são desenvolvidas para a utilização dos resíduos de biomassa, dentre elas a briquetagem. A utilização da biomassa na forma de briquetes contribui para a preservação ambiental e aumento da capacidade energética da matéria orgânica (DE PAULA, 2006). Além de o briquete ser uma opção de utilização dos resíduos, reduzindo os impactos ambientais, no momento de sua formação ocorre à compactação das partículas da biomassa, tal característica está diretamente ligada à eficiência do mesmo durante a combustão (DE PAULA et al., 2011).

A briquetagem consiste na aproximação das partículas sob pressão. Para este processo se deve fazer uso de aglutinantes que favorecem a união da biomassa. Um aglutinante natural é a lignina encontrada em resíduos madeireiros. Materiais que possuem aglutinantes naturais acabam sendo mais viáveis no processo de briquetagem, pois não é necessário adquirir outro ligante, o qual acaba elevando o custo dos briquetes (QUIRINO, 2000).

O processo de briquetagem o qual consiste na compactação dos resíduos, contribui com as características energéticas dos briquetes. A briquetagem se mostra uma opção eficaz no que diz respeito à utilização de energia contida na biomassa vegetal (PROTÁSIO et. al., 2011; QUIRINO; BRITO, 1991).

A briquetagem aumenta a capacidade energética, promovendo a compactação das partículas. Com relação às vantagens ambientais, reduz a liberação de gases durante a combustão e se torna uma opção de destinação dos resíduos (SANTOS et al., 2011).

Com a finalidade de diminuir os impactos ambientais, utiliza-se cada vez mais os recursos renováveis. Dentre esses os resíduos vegetais vem se destacando, pois, eles se tornam uma alternativa para as indústrias substituindo os combustíveis fósseis (ROCHA; SOUZA; DAMASCENO, 2009).

Além disso, a utilização de energia renovável pelas indústrias contribui para geração de créditos de carbono, os quais são concedidos quando ocorre diminuição na emissão de gases causadores do efeito estufa (ROCHA; SOUZA; DAMASCENO, 2009). De acordo com Rossillo-Callé (2004), em indústrias madeireiras a utilização dos resíduos para geração de energia contribui tanto para as questões ambientais quanto econômicas. De maneira que as indústrias podem estar comercializando esses resíduos para outras empresas como utilizando para seu próprio benefício.

Também se encontram na forma de energia compactada os paletes, os quais vêm sendo muito utilizados no Brasil. Sua produção com pouca umidade e forma regular permite sua utilização em vários locais. Muito comercializados para o uso em lareiras no aquecimento de residências, seu uso também se estende em usinas. Sendo uma forte tendência como fonte de energia (CORTEZ; LORA; GÓMEZ, 2008).

Outra opção de fonte de energia renovável é o biogás, de suma importância econômica, social e ambiental. O biogás propicia a redução do êxodo rural e investe na agricultura familiar. Ambientalmente ocorre uma diminuição de dejetos animais e resíduos florestais, a utilização desta forma de energia renovável cria uma forma de matriz energética com grande eficiência (ZANELLA, 2012).

Sendo a energia proveniente da biomassa uma forma muito antiga de se obter energia renovável, certa carência de estudos envolvendo esta prática acaba dificultando a utilização desses produtos, a escassez de informações gera dúvidas da eficiência e procedência dos produtos utilizados para geração de energia (CAPOTE, 2012).

No início da utilização de energias renováveis a biomassa era considerada pouco eficiente com relação os combustíveis fósseis. Hoje em dia com o crescente aumento tecnológico, a concepção com relação a sua capacidade energética está mudando. Porém ainda se faz necessário várias pesquisas apontando a eficiência da energia renovável (ZANELLA, 2012).

A redução na utilização do petróleo, o qual causa grandes problemas na liberação de gases, está levando os países a elaborarem meios para a utilização de energias renováveis. Dentre elas se destaca a utilização da biomassa, como meio viável na geração de combustíveis. Mas estes produtos ainda encontram dificuldades de inserção no mercado devido ao alto custo de suas tecnológicas, bem como a pouca quantidade de estudos nesta área (CORTEZ; LORA; GÓMEZ, 2008).

A utilização da bioenergia na forma de biomassa encontrou muitas dificuldades, não em relação a quantidade e disponibilidade de materiais, mas sim com relação aos altos custos de obtenção dessa forma de energia, e poucos estudos demonstrando sua eficiência (ROSILLO-CALLÉ, 2004).

Para a compactação dos briquetes se faz uso de briquetadeiras, as quais são: briquetadeira hidráulica, briquetadeira de extrusão por rosca sem fim e briquetadeira extrusora por pistão mecânico, sendo que a briquetadeira influencia diretamente a densidade dos briquetes, conferindo a eles um eficiente poder de queima (CAPOTE, 2012).

A briquetadeira de extrusão por rosca sem fim produz briquetes com um orifício ao centro. Esta característica concede aos briquetes uma elevada densidade, bem como resistência mecânica, de modo que as partículas se apresentam unidas obtendo um eficiente poder de queima (QUIRINO, 2000).

Na caracterização da briquetagem são observados alguns parâmetros como: umidade, densidade e poder calorífico. Para retirada da umidade é utilizado uma estufa que irá fazer a secagem do produto. A umidade além de interferir no poder calorífico consiste na quantidade de água presente na biomassa, à verificação da umidade é realizada pela diferença do peso úmido pelo peso seco (BRAND, 2010).

Ainda segundo Brand (2010), outro parâmetro utilizado na verificação da eficiência energética do briquete é o poder calorífico que consiste no calor liberado durante a queima. Para cada tipo de biomassa o poder calorífico se diferencia, ainda alguns fatores interferem no poder calorífico como a própria umidade, a formação química do produto e o teor de cinzas.

O poder calorífico se apresenta de duas maneiras como PCS (Poder calorífico superior) o qual corresponde à energia interna, neste caso a água tanto presente no material tanto a proveniente da combustão está condensada. E o PCI (Poder calorífico inferior) também representa a quantidade de energia interna, mas neste caso a água está vaporizada (CAPOTE, 2012).

A densidade do briquete tem relação com o tipo de briquetadeira e biomassa utilizada, a densidade mostra o total de massa contida no briquete, sendo que a densidade tem forte ligação com a propriedade energética do mesmo. Briquetes bem compactados apresentam densidade eficiente e conseqüentemente um alto poder de queima (BRAND, 2010).

Segundo Quirino (2000), na produção do briquete pode-se utilizar todo tipo de resíduos de origem orgânica sendo que o mesmo deve possuir uma granulometria e um teor de umidade que colabore na compactação. No entanto a quantidade de umidade deve ser adequada, pois seu excesso interfere tanto no processo de compactação quanto de combustão. De acordo com

Quirino (2000), outra característica que influencia a eficiência de compactação do briquete é a sua granulometria, onde partículas menores necessitam de uma área superficial maior, sendo assim a resistência mecânica é menor.

A cinza é composta quimicamente por sais minerais, a quantidade produzida está diretamente relacionada com o produto utilizado para formação da biomassa. A quantidade de cinzas no processo de combustão da biomassa é baixa se comparada com o volume produzido pelo carvão mineral (VASCONCELLOS et al., 2004).

Vasconcellos et al., (2004), ainda destaca que as cinzas produzidas no processo de combustão são classificadas como volante ou leve, essas partículas são de fácil disseminação, já as cinzas mais densas são um problema para o meio ambiente, desta forma elas não são lançadas se acumulando no local onde ocorreu a queima está cinza é denominada residual ou pesada.

De acordo com Quirino (2000), uma forma de verificar a eficiência do briquete, é testar seu poder de queima. Este teste é um item fundamental para constatar sua eficiência na utilização doméstica e industrial. Desta forma favorecendo a comercialização dos briquetes.

Segundo Capote (2012), o processo de combustão ocorre em três etapas respectivamente, na primeira ocorre evaporação da umidade, a segunda consiste na pirólise do material e queima de compostos voláteis na terceira etapa ocorre à queima do carbono fixo.

Para o crescente aumento da utilização dos biocombustíveis, se faz necessárias análises que destaquem a eficiência dos mesmos. A partir destes testes a adoção dos mesmos pela população será facilitada (BRAND, 2004).

Em relação à biomassa da madeira que engloba troncos, folhas, ramos, cascas e raízes sua utilização no Brasil é de um pouco menos de 14 % de toda a matriz energética, sendo que umas das principais fontes de biomassa florestal são os resíduos industriais. A biomassa sustentável ocorre pela utilização dos resíduos de origem industrial, florestal e urbano. E das florestas energéticas as quais são plantadas com a finalidade de produzir biomassa para produção de energia (LORA; SALOMON, 2004).

Para Lora; Salomon (2004), a biomassa apresenta diversas vantagens quando utilizada na geração de energia como diminuição do efeito estufa, reduzindo a quantidade de gás carbônico emitido na atmosfera. Também é importante para o suprimento energético mundial sendo assim interessante tanto na economia quanto para o meio ambiente e sociedade. Para um aumento neste setor se destaca a importância de estudos que demonstram novas tecnologias e utilizem diferentes resíduos os quais serão importantes para o futuro.

3. Procedimento metodológico

Nesta seção serão apresentados os procedimentos metodológicos adotados, a caracterização da pesquisa, abordagem, método, tipo e sua delimitação. Posteriormente serão apresentados as técnicas e instrumentos de análise de dados e, por fim, a análise dos dados.

3.1 Análise físico-química

Após a compactação dos briquetes foi verificada a densidade de cada Exemplar utilizando a Equação 1 (CAPOTE, 2012).

$$D = \frac{Mu}{Vu}$$

Onde:

D = Densidade aparente ou massa específica aparente, em kg/m^3 ;

Mu = Massa úmida, em kg;

Vu = Volume úmido, em m^3 .

3.2 Análises de combustão e armazenagem

3.2.1 Combustão dos briquetes

Para determinação da combustão dos Exemplares em função do tempo utilizou-se a quantidade similar à estabelecida para determinação do poder calorífico de 2 g (gramas) a 5 g (gramas) de resíduos (BRAND, 2010). Adotando para o presente trabalho 3 g (gramas) de cada resíduo.

O combustor para determinar o tempo de queima dos Exemplares, foi produzido similar ao utilizado por Quirino; Brito (1991). No entanto foi adicionado um cordão de nylon com algodão na extremidade para início da combustão.

3.2.2 Armazenagem

A verificação das características apresentadas pelos Exemplares no decorrer das semanas foi observada quinzenalmente durante 60 dias, nos meses de julho e agosto de 2013, totalizando 5 semanas. Os exemplares foram mantidos em embalagens de papel fechadas, porém com pequenas aberturas (Santos 2012).

4 Análises e discussões de dados

4.1 Umidade dos resíduos

A compactação dos resíduos de palitos de erva-mate foi satisfatória, devido á estes serem constituídos por lignina, característica de resíduos de madeira. Estudos de Winandy; Rowell (2005 *apud* FIGUEROA; MORAES, 2009), demonstram que a maior eficiência para a compactação está relacionada aos resíduos de madeira, os quais apresentam em sua composição de 15% a 35% de lignina.

Para uma eficiente compactação os resíduos precisam de um aglutinante que tem por função facilitar a aglomeração das partículas e conferir resistência aos briquetes. De acordo com Rodrigues (2011), a presença de lignina, é importante devido à mesma ser um material ligante, dispensado o uso de outros aglutinantes.

De acordo com Raven (2001), materiais que apresentam lignina em sua estrutura, como os de origem madeireira, possuem uma melhor união entre as partículas da biomassa. Além de contribuir no processo de que queima, devido sua composição química, onde são encontrados carbono e hidrogênio.

A compactação não foi de maneira satisfatória devido à alta quantidade de umidade presente nas folhas. Está característica foi evidenciada no momento da sua passagem pela briquetadeira onde ocorreram explosões decorrentes da presença de umidade nos resíduos.

Com relação às explosões durante a compactação Rosário (2011), aponta que a alta quantidade de umidade presente nos resíduos, durante a passagem pela briquetadeira produz vapor o qual é responsável por estouros.

De acordo com as pesquisas de Abitante (2007), as folhas de erva-mate podem adquirir

umidade após o processo de secagem, está absorção de umidade pelas folhas está relacionado com condições de temperatura e umidade do ar presentes no local onde as folhas se encontram.

Ainda segundo Abitante (2007), as folhas de erva-mate possuem uma epiderme porosa, que facilita a absorção de água. Em condições de altas temperaturas as folhas de erva-mate, liberam a água armazenada nas suas células. Desta forma é possível observar que as folhas apesar de passarem pela torrefação e secagem, captam água mantendo está no interior de suas células.

A compactação destes briquetes foi satisfatória devido a serragem. Durante o processo de briquetagem, pelo fato dos briquetes 100% folhas cancheadas apresentaram pouca eficiência na compactação. Foi incluído neste trabalho serragem, devido a sua eficiência relatada em outros estudos e por ser um resíduo de origem madeireira. Sendo assim foi utilizado: 50% de folhas cancheadas e 50% de serragem.

Estudos realizados por Rosário (2011), ressaltam a alta eficiência da serragem para produção de briquetes, sendo a sua umidade igual a 9%, este valor está de acordo com valores estabelecidos para uma eficiente compactação. A serragem por ser um resíduo de origem madeireira, que apresenta em sua constituição a lignina, possui uma densidade favorável, sendo viável na produção de briquetes.

4.2 Densidade briquetes

Vale ressaltar que os briquetes foram compactados em uma briquetadeira do “tipo rosca sem fim”, a qual compacta os produtos com um orifício ao centro. O diâmetro interno médio apresentado nos briquetes é de 2 cm (centímetros).

Segundo estudos de Capote (2012), o modelo da briquetadeira influência diretamente na densidade dos briquetes. Produtos produzidos em equipamento, rosca sem fim, apresentam uma melhor união das partículas. A qual confere aos briquetes uma maior densidade.

De acordo com Quirino (2000), briquetes compactados neste tipo de briquetadeira possuem uma densidade média compreendida entre 1070 e 1220 kg/cm³. Desta forma os briquetes deste estudo encontram-se dentro dos padrões estabelecidos. A densidade média apresentada pelos briquetes de resíduos de palitos de foi de 1074 kg/m³.

Estudos de Quirino (2000), demonstram que briquetes produzidos a partir de resíduos de fábricas de compensado os quais são produzidos a partir de serragem resíduos de origem madeireira, apresentam densidade de 1061 kg/cm³.

É importante ressaltar que os palitos antes da compactação passaram pelo processo de moagem. Segundo De Paula et al. (2011), resíduos que são triturados, apresentam densidade eficiente a qual influencia na qualidade energética dos briquetes.

Os briquetes produzidos a partir de folhas cancheadas apresentaram densidade média 1185 kg/cm³, análises estatísticas demonstram variação entre as amostras de folhas canchedas.

O tempo de queima de cada Exemplar de briquetes e carvão vegetal em função do tempo (minutos/segundos).

O briquete de folhas de erva-mate apresentou uma eficiente combustão. De acordo com Quirino (2000), a madeira seca com baixas quantidades de umidade possui uma combustão rápida, pois não é necessário utilizar parte da energia para aquecer e vaporizar essa umidade.

De acordo com De Paula (2006), os briquetes apresentam com relação ao carvão vegetal uma fácil armazenagem, baixa mão de obra, redução do volume de estocagem e transporte, menos poluição e mais energia, isenção de licenças especiais e baixa quantidade de cinzas.

O briquete de folhas de erva-mate produziu uma quantidade menor de cinzas que o carvão vegetal. De acordo com Vasconcellos et al. (2004), as cinzas provenientes do processo de combustão dos briquetes podem ser utilizadas como adubo. Reduzindo assim a quantidade de cinzas descartadas no ambiente e a utilização de fertilizantes químico.

Estudos de De Paula et al. (2011), demonstram que o tempo de combustão de 2 g (gramas) de briquetes de serragem é de 03:10 minutos. É importante ressaltar que no presente trabalho foram utilizados para o teste 3 g (gramas) de resíduo. Vale destacar que briquetes de serragem se mostram eficientes no processo de combustão, ressaltando desta forma a similaridade no tempo de queima com os briquetes de serragem.

Segundo Goldemberg; Lucon (2006), a utilização de carvão vegetal pela população contribui para o desmatamento de florestas, más condições de trabalho em indústrias clandestinas e liberação de gases na atmosfera. Por ser de fácil aquisição e se mostrar eficiente no processo de combustão o carvão vegetal é muito consumido pela população. O presente estudo mostra a possibilidade de estar substituir o carvão vegetal por briquetes de resíduos de palitos, já que os mesmos apresentaram uma similaridade com relação ao tempo de queima.

De Paula et al. (2011), utilizando briquetes de folhas de milho obtiveram um tempo de queima de 01:49 minutos. Desta forma é possível perceber a relação do tempo de queima de briquetes produzidos com resíduos foliares.

Para Quirino (2000), a baixa eficiência de combustão das folhas está relacionada com a perda do material ligante e pela umidade característica delas. No caso do Exemplar 3, apesar da serragem apresentar características energéticas favoráveis, certamente a umidade contida nas folhas, acabou prevalecendo.

Segundo Santos (2012), a grande quantidade de fumaça emitida durante a queima é decorrente da umidade presente no resíduo. Desta maneira fica evidente a alta quantidade de umidade presente no briquete.

De acordo com Brand et al. (2004), valores elevados de umidade tem relação com o tipo de biomassa utilizado, no momento da compactação a água presente no resíduo se une as estruturas do briquete. Desta forma quanto maior a quantidade de água no interior do briquete menor o poder de queima

4.3 Armazenagem

Características apresentadas pelos briquetes durante armazenagem por 60 dias verificando-os quinzenalmente totalizando 5 semanas.

De acordo com Brand (2010), fatores como parte do vegetal utilizado, época do ano e condições climáticas influenciam na umidade do briquete, causando sua descompactação e/ou quebra.

5. Considerações Finais

A realização deste trabalho possibilitou apresentar as características energéticas de resíduos de erva-mate, como fonte de energia renovável, além de apresentar uma opção de destinação para os resíduos produzidos por agroindústrias.

As folhas cancheadas são a matéria-prima para a produção do principal produto comercializado pelas indústrias ervateiras, a erva-mate para o preparo do chimarrão. Vale destacar que as mesmas obtiveram resultados insatisfatórios neste estudo com relação a umidade dos resíduos, briquetagem, eficiência na queima e armazenagem. No entanto os briquetes produzidos com resíduos de palitos de erva-mate obtiveram resultados satisfatórios.

No processo de produção da erva-mate, os palitos são separados das folhas, e adicionados, para que não sejam descartadas grandes quantidades. Desta forma algumas indústrias optam pela fabricação de chás e erva-mate para tererê, onde são utilizados basicamente os palitos.

Porém, a maioria das indústrias ervateiras não comercializam estes subprodutos, neste

caso elas acabam vendendo estes palitos a outras fábricas e/ou utilizando durante a torrefação das folhas. Devido a briquetagem compactar a biomassa, esta característica confere aos briquetes uma melhor capacidade energética com relação aos resíduos não briquetados. Neste caso sugere a estas, produzir briquetes, para comercializá-los e consumi-los durante a torrefação da erva-mate.

De modo que os briquetes de resíduos de palitos de erva-mate apresentaram umidade similar a outros resíduos já muito utilizados na produção de energia renovável. Considerando também que esse material possui ligante natural, a lignina, dispensando a utilização de outros produtos que acabam aumentando o custo dos briquetes. Além disso, apresenta boa compactação de suas partículas, densidade eficiente para combustão e fácil armazenagem.

O crescente aumento da população e dos setores industriais que produzem resíduos sem destinação, faz-se necessário a realização de vários estudos, analisando a eficiência energética de resíduos produzidos por indústrias na produção de energia.

O presente trabalho contribuiu com uma nova opção de resíduos para produção de combustíveis sólidos. Mas é importante a realização de novos estudos com diferentes tipos de biomassa, visando melhorar o aproveitamento energético dos resíduos e reduzir os impactos ambientais ocasionados pela sua destinação imprópria ou incorreta.

Referências

- ABITANTE, A. L. **Modelagem dinâmica e análise de um sistema de controle de umidade de folhas de erva-mate em secadores contínuos de esteira**. 2007. 78 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007. Disponível em: <www.pipe.ufpr.br>. Acesso em: 28 de jul. 2018.
- BRAND, M. A. **Energia de biomassa florestal**. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. 131 p.
- BRAND, M. A.; MUNIZ, G. I. B.; COSTA, V. J.; AMORIN, M.; BITTENCOURT, E. Influência do tempo de armazenamento sobre a perda da umidade de resíduos madeiráveis. In: III Encontro de Ciência e Tecnologia, 2004, Lages. **Anais...** 2004. p. 1-10.
- CAPOTE, F. G. **Caracterização e classificação de co-produtos compactados da biomassa para fins energéticos**. 2012. 73 p. Dissertação de mestrado- Interinstitucional em bioenergia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br>>. Acesso em: 20 de fev. 2018.
- CONTINI, A. Z. **O gênero *Ilex*: Alternativas de sustentabilidade no uso de etnoespécies pelos Kaiowá e Guarani em Mato Grosso do Sul**. 2006. 65 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, 2006. Disponível em: <<http://site.ucdb.br>>. Acesso em 30 mar. 2018.
- CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. **Biomassa para energia**. Campinas, Unicamp, 2008. Disponível em: <<http://www.inovacao.unicamp.br>>. Acesso em: 25 fev. 2018.
- DE PAULA, J. C. M. **Aproveitamento de resíduos de madeira para confecção de briquetes**. 2006. 37 p. Monografia - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- DE PAULA, L. E. R.; TRUGILHO, P. F.; REZENDE, R. N.; ASSIS, C. O.; BALIZA, A. E. R. Produção e avaliação de briquetes de resíduos lignocelulósicos. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Minas Gerais, v.31, n.66, p. 103-112, jun 2011.
- ESMELINDRO, M. C., TONIAZZO, G., WACZUK, A., DARIVA, C., OLIVEIRA, D. D. Caracterização físico-química da erva-mate: influência das etapas do processamento industrial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, v. 22, n.2, dez. 2001.
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. IBAMA: Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/>>. Acesso em 23 de fev. 2013.
- LORA, E. E. S., SALOMON, K. R. Análise comparativa da biomassa com tecnologias convencionais de geração aplicando a eficiência ecológica. In: 5º ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL E GERAÇÃO DISTRIBUÍDA, 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.proceedings.scielo.br>>. Acesso em: 01 de Mar. 2018.
- NOGUEIRA, L. A. H.; LORA, E. E. S. **Dendroenergia: fundamentos e aplicações**. 2º ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. 200 p.
- POLETTI, I., MUNIZ, M.F.B., CECONI, D. E., SANTIN, D., WEBER, M. N., BLUME, E. Zoneamento e identificação de *Fusarium* spp. causadores de podridão de raízes em plantios de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) na região do Vale do Taquari, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 1-10, 2006.
- PROTASIO, T. D. P., ALVES, I. C.N., TRUGILHO, P. F., SILVA, V. O., BALIZA, A. E. R. Compactação de biomassa vegetal visando á produção de biocombustíveis sólidos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 68, p. 273-283, 2011.
- QUIRINO, W. F., **Utilização energética de resíduos vegetais**. Laboratório de produtos

florestais LPF/IBAMA. Módulo do curso “Capacitação de agentes multiplicadores em valorização da madeira e dos resíduos vegetais”, p.4-32, 2000. Disponível em: <<http://www.mundoflorestal.com.br>>. Acesso em: 01 de Mar. 2013.

QUIRINO, W. F., BRITO, J. O. **Características e índice de combustão de briquetes de carvão vegetal**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA – Laboratório de Produtos Florestais FLP, p.16, 1991. Disponível em: <<http://www.funtec.org.br>>. Acesso em: 01 de Mar. 2018.

ROCHA, E. P. A.; SOUZA, D. F.; DAMASCENO, S. M. Estudo da viabilidade da utilização de briquete de capim como fonte alternativa de energia para queima em alto-forno. In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2009, Uberlândia, **Anais...** Disponível em: <<http://www.cobeqic2009.feq.ufu.br>>. Acesso em: 01 de Mar. 2013.

ROSÁRIO, L. M. D., **Briquetagem visando utilização de resíduos de uma serraria**. 2011. 28 p. Trabalho de conclusão de curso- Universidade Federal do Espírito Santo. Espírito Santo, 2011. Disponível em: <<http://www.florestaemadeira.ufes.br>>. Acesso em: 07 de ago. 2013.

ROSSILO-CALLE, F. A brief account of Brazil's biomass energy potential. **Biomassa e energia**, Viçosa, v. 1, n. 3, p. 225 - 236, 2004.

SANTOS, J. R. S. **Estudo da biomassa torrada de resíduos florestais de eucalipto e bagaço de cana-de-açúcar para fins energéticos**. Dissertação de Mestrado, 2012, 86 p. Universidade de São Paulo, São Paulo.

SANTOS, R. C.; CARNEIRO, A. C. O.; CASTRO, R. V. O.; PIMENTA, A. S.; CASTRO, A. F. N. M.; MARINHO, I. V.; BOAS, M. A. V. Potencial de briquetagem de resíduos florestais da região do Seridó, no Rio Grande do Norte. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Minas Gerais, v. 31, n. 68, 2011.

SCORTEGAGNA, A.; REZENDE, C. J.; TRICHES, R. I. **Paraná espaço e memória: diversos olhares históricos-geográficos**. Curitiba: Bagozzi, 2005. 407 p.

SIMDIMATE/RS - Sindicato da indústria do mate no estado do Rio Grande do Sul, 2010. Disponível em: <<http://www.sindimaters.com.br>>. Acesso em: 25 fev. 2013.

VASCONCELLOS, C. B.; LEAL, C., L., D.; FRANÇA, M., P.; CASTRO, P., F. Aproveitamento de cinzas de caldeira na construção civil. **Revista Vértices**, v. 6, n.1, p. 131-148, 2004.

ZANELLA, M. G. **Ambiente institucional e políticas públicas para o biogás provenientes da suinocultura**. 2012. 96 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2012. Disponível em: <<http://projetos.unioeste.br>>. Acesso em: 01 de Mar. 2013.