



**INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS – IFTO  
CAMPUS PORTO NACIONAL  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM LOGISTICA**

**VITOR RIVAS DE OLIVEIRA**

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL PARA FABRICAÇÃO DE BRIQUETES NA CIDADE DE  
PORTO NACIONAL-TO**

**PORTO NACIONAL**

**2016**

**VITOR RIVAS DE OLIVEIRA**

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL PARA FABRICAÇÃO DE BRIQUETES NA CIDADE DE  
PORTO NACIONAL-TO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Educação, Ciências e Tecnologia do Tocantins – *campus* Porto Nacional, como requisito parcial para obtenção do grau de graduando (a) em Graduação Tecnológica em Logística.

Orientador (a): Professor Dr. Aurean de Paula Carvalho.

Co-Orientador (a): Professor Esp. Leandro Maluf

**PORTO NACIONAL**

**2016**

OLIVEIRA, Vitor Rivas de,

Avaliação do potencial para fabricação de briquetes na cidade de Porto Nacional-TO

- Porto Nacional, 2016. f.

Monografia Tecnologia em Logística

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do

Tocantins – *Campus* Porto Nacional, 2016.

Orientador (a): Prof..Aurean Carvalho

Palavras-chave: Resíduos. Briquetes. Argamassa. Bioenergia. Avaliação do potencial para fabricação de briquetes na cidade de Porto Nacional-TO

**VITOR RIVAS DE OLIVEIRA**

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL PARA FABRICAÇÃO DE BRIQUETES NA CIDADE DE  
PORTO NACIONAL-TO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Educação, Ciências e Tecnologia do Tocantins – *campus* Porto Nacional, como requisito parcial para obtenção do grau de graduando (a) em Graduação Tecnológica em Logística.

Orientador (a): Professor Dr. Aurean de Paula Carvalho.

Aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Professor Dr. Aurean de Paula Carvalho  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins.

---

Professor Co-orientador Leandro Maluf  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins.

---

Professor (a) Esp. Luana Quadros dos Santos  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins.

---

Professor (a) Esp. Lucivânia Pereira Glória  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu este acontecimento não somente nestes anos como universitário, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

Ao Instituto Federal do Tocantins, pela oportunidade de fazer o curso.

Agradeço a todos os *professores* por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de *formação profissional*, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender. A palavra mestre, nunca fará justiça aos *professores* dedicados aos quais sem nominar terão os meus eternos agradecimentos.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Assim como toda minha família, mas com especial dedicação ao meu irmão Hugo Rivas de Oliveira, que muito contribuiu para que concluísse minha formação.

O verdadeiro poder do gênio é a força de vontade para fazer todos os erros necessários para chegar à resposta!

**Albert Einstein**

## RESUMO

Briquete é um bloco compacto de materiais energéticos produzidos a partir de resíduos de madeira, serragem, casca de arroz, palha de milho, bagaço de cana, pó de serra entre outros. Existem na natureza muitas matérias primas para produção de briquetes que podem ser reaproveitadas e não poluir a natureza. O objetivo do trabalho foi demonstrar através de pesquisa a possibilidade de utilização de resíduos para a produção de briquetes no município de Porto Nacional, Tocantins, e especificamente, das vantagens, quantificação e estimativa de matéria prima no município. Para tanto foi realizada uma pesquisa em duas empresas de grande porte na cidade de Porto Nacional para verificar a quantidade de materiais primas existentes e a possibilidade de utilização das mesmas na fabricação de briquetes, bem como levantamento bibliográfico em periódicos especializado no assunto. Os resultados demonstram que toneladas de matéria-prima (casca de arroz e pó de serra) são desperdiçadas, na região, que existe demanda por bicompostíveis (briquetes), e há viabilidade da produção deste produto na região de Porto Nacional-TO.

**Palavras-Chave:** Bioenergia. Briquetes. Resíduos.

## **ABSTRACT**

Briquette is a compact block of energetic material produced from wood waste, sawdust, rice hulls, corn stover, bagasse, sawdust and others. There are many raw materials in nature to produce briquettes that can be reused and not polluting nature. The objective was to demonstrate through research the possibility of using waste to produce briquettes in the city of Porto Nacional, Tocantins, and specifically, the advantages, quantification and estimation of raw materials in the city. To do a search on two large companies in the city of Porto Nacional was performed to verify the quantity of raw materials and the possibility of using them in the manufacture of briquettes and literature in specialized journals on the subject. The results show that tons of raw material (rice husk and sawdust) are wasted in the region that there is demand for bio fuels (briquettes), and there is viability of the production of this product in the region of National-TO Porto.

**Keywords:** Bioenergy. Briquettes. Waste.



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01</b>	Oferta de biomassa por resíduo agrícola e agroindustrial no Brasil (106 toneladas/ano)	17
<b>Tabela 02</b>	Peso e volume do produto briquete x lenha (kgxm <sup>3</sup> )	23
<b>Tabela 03</b>	Norma sueca para briquetes SS 187121	26
<b>Tabela 04</b>	Comparação de Briquete e Lenha	30
<b>Tabela 05</b>	Características de Briquetes	30
<b>Tabela 06</b>	Consumo mensal de briquetes em relação à lenha	36
<b>Tabela 07</b>	Vantagem do briquete de pó de serra	43

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01</b>	Fluxograma da Fabrica de briquetes com sistema de torrefação anexo	22
<b>Figura 02</b>	Formato de briquetes	25
<b>Figura 03</b>	Diversos tipos de materiais briquetados	29
<b>Figura 04</b>	Prensa extrusora de Pistão mecânico	32
<b>Figura 05</b>	Prensa de parafuso cônico	33
<b>Figura 06</b>	Corte transversal da prensa de pistão	34

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ICMS – Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e Serviços

MMA – Ministério do Meio Ambiente

OCDE – Organização Comum de Desenvolvimento Econômico

## SUMARIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2 RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS E AGRÍCOLAS.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Biomassa.....</b>	<b>17</b>
2.1.1 Definição para fins energéticos.....	17
2.1.2 Consumo e Sustentabilidade da biomassa.....	18
2.1.3 Biomassa como combustível sólido.....	19
2.1.4 Caracterização da Biomassa.....	19
<b>2.2 Briquetes.....</b>	<b>23</b>
2.2.1 Definição e Normatização.....	23
2.2.2 Briquetagem.....	27
2.2.3 Características dos briquetes.....	30
2.2.4 Equipamentos para compactação na produção dos Briquetes.....	31
<b>2.3 Mercado de Briquetes no Brasil.....</b>	<b>35</b>
<b>3 PERSPECTIVAS PARA CONSOLIDAÇÃO DO SETOR DE BRIQUETES.</b>	<b>35</b>
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>41</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>42</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>45</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>46</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem atualmente uma matriz energética sem igual no Mundo, tanto fontes renováveis quanto não renováveis. Nas últimas quatro décadas o Brasil trabalhou na busca pela independência no que diz respeito a fontes não renováveis alcançando um total superior a 95%, tomando como protagonista desse tipo de energia o pré-sal. Considerando a fonte renovável, o Brasil, nos últimos 40 anos teve um ganho substancial de sustentabilidade ambiental, social e econômica considerando as fontes hidroelétricas, biomassa, eólica etc. (BRASIL, 2009).

A International Energy Agency (2011) define a energia como um dos fatores chave para o desenvolvimento econômico e social de um país. De acordo com suas estimativas, o consumo mundial de energia será aumentado em pelo menos um terço até 2035. Esse fator devido ao crescimento dos países não membros da Organização Comum de Desenvolvimento Econômico – OCDE que são eles: Brasil, Argentina, Índia, China, Rússia, Indonésia, África do Sul e Arábia Saudita, responsáveis por 90% do crescimento da população, 70% da produção econômica e 90% do crescimento da demanda de energia.

Dessa forma, a energia não será fornecida somente por fontes de origem fóssil (petróleo, gás natural, carvão mineral e urânio), mas fontes renováveis como energia solar, eólica, hidráulica (rios e mares), geotérmica, e as derivadas da biomassa (OLIVER et al, 2012).

Destacando a questão ambiental o importante é diminuir o uso de fontes fósseis na geração de energia devido às emissões de gases do efeito estufa. Segundo Edenhofer et al (2012) é essencial reduzir a emissão de gases do efeito estufa na ordem de 50 a 85% até 2050, possibilitando com isso, estabilizar a concentração atmosférica em níveis que possam mitigar os efeitos das alterações climáticas. Oliver et al (2012) relata que as emissões de CO<sub>2</sub> nos países da OCDE respondem por um terço das emissões globais.

O Brasil ocupa o 13º lugar no ranking de 25 países do bloco. No Brasil são produzidos cerca de 1,2 milhões de toneladas de briquetes por ano. Desses 930 mil são de madeira e 272 mil de resíduos agrícolas como bagaço de cana, palha, casca de arroz, casca de coco, podas de árvores, sobras de madeira (BRASIL, 2009).

Segundo levantamento realizado por Silberstein (2011) a taxa de crescimento da demanda de briquete é de 4,4% ao ano, demonstrando a

importância no mercado de energia renovável. Esses valores enfatizam a importância dos resíduos das atividades agrícolas, florestal e agroindustrial se aproveitados como substitutos parciais da lenha consumida no Brasil, porém o mercado de briquetes apresentam desafios a serem superados, principalmente em três áreas: Logística, Técnica e Econômica.

Sendo assim, pergunta-se: Como a utilização de fontes alternativas de energia, em particular a biomassa, poderia ser desenvolvida a partir da fabricação de briquetes?

De acordo com Sant'Anna et al (2012), o Brasil possui condições vantajosas para produzir briquetes e essa prática é uma importante opção para vários setores produtivos agregarem valor aos resíduos que hoje são subaproveitados.

O interesse na temática se deve pela grande demanda por energia que vem desencadeando avanços nas pesquisas a respeito de fontes energéticas, sendo o briquete aquele que se destaca por ser feito de resíduos gerados por diferentes atividades do dia-a-dia, os quais muitas vezes não são utilizados tendendo a tornar-se lixo. Todavia, se estes resíduos forem beneficiados, podem transformar-se em um tipo de combustível alternativo detentor de melhores propriedades (calorífica, espacial e de umidade) quando comparados aos seus concorrentes atuais (carvão vegetal e lenha), que contribuem significativamente para o crescimento dos desmatamentos.

A biomassa constitui uma alternativa economicamente viável aos projetos tradicionais. As grandes centrais hidrelétricas têm causado ao longo das últimas décadas impactos socioambientais irreparáveis no Brasil. A geração de energia a partir dos combustíveis fósseis também se apresenta como opção insustentável, com efeitos ambientais adversos nos níveis local e global (BEZZON, IVENGO, 2009).

O cenário atual sinaliza que as fontes de energia renováveis devem assumir papel crescente na matriz energética mundial, devido à perspectiva de redução das reservas de combustíveis fósseis e, cada vez mais, por questões ambientais. Neste contexto a utilização de fontes alternativas de energia, em particular a biomassa em forma de briquetes, aparece como uma oportunidade de oferta de energia.

Portanto um estudo para o aproveitamento dos resíduos, transformando resíduos de biomassa em briquetes, um biocombustível rentável, a partir de bagaço de cana, serragem, casca de arroz, fibra de coco, casca de café, etc., se torna um

bom investimento comercial levando em consideração as questões ambientais, visto que esse material se encontra mal aproveitado. Nesse sentido, o objetivo do trabalho é demonstrar a possibilidade de utilização de resíduos de serragem, casca de arroz para a produção de briquetes no município de Porto Nacional, Tocantins, e especificamente, levantamento bibliográfico das vantagens e estimativa de matéria-prima no município.

A estrutura do trabalho foi distribuída em tópicos onde o primeiro compreende esta introdução, na qual se apresenta a relevância do emprego da biomassa para produção de briquetes. O segundo tópico, apresenta-se um levantamento bibliográfico da disponibilidade de matérias primas para produção de briquetes, bem como as características físico-químicas das mesmas.

O terceiro tópico aborda sobre briquetagem, tecnologias de briquetagem enumerando a produção dos briquetes, e características e as principais operações utilizadas para os processos de compactação da biomassa. Apresenta ainda, as semelhanças e as diferenças entre as características físico-químicas dos briquetes e por fim, a normatização e especificações de briquetes nos países da Europa e Estados Unidos.

No terceiro tópico ainda destacou-se o mercado de briquetes no Brasil e as perspectivas para consolidação do setor de briquetes.

No Quarto tópico apresenta a metodologia utilizada para confecção do trabalho.

O quinto tópico apresenta os resultados de uma pesquisa bibliográfica com o principal objetivo de avaliar o mercado atual e potencial da biomassa compactada e conhecer as opiniões dos fabricantes sobre as perspectivas do setor e finalmente, as sugestões e recomendações para consolidação e expansão do setor de produção de briquetes, visando o efetivo aproveitamento dos resíduos de biomassa e a energia nele contida.

## 2 RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS E AGRÍCOLAS

Segundo Oliveira e Ramalho (2009), o Brasil possui várias vantagens que o qualificam com um líder na agricultura em escala mundial. Esse fato se deve a sua localização nas faixas tropical e subtropical onde possui regiões mais propensas a produção de biomassa do mundo devido ao recebimento da radiação solar. Vale ressaltar que possui um quarto das reservas de água doce do planeta.

De acordo com o Ministério da Agricultura e Pecuária (2009), o Brasil lidera a produção e exportação de produtos agropecuários. É o primeiro produtor e exportador de café, açúcar, etanol de cana-de-açúcar e suco de laranja. Ainda conta com a liderança no ranking de vendas de soja que são o farelo, o óleo e o grão.

Oliveira e Ramalho (2009) destacam ainda que o Brasil é reconhecido pela cadeia produtiva do etanol como a mais eficiente do mundo, inclusive pelo aproveitamento dos resíduos gerados no processamento da cana de açúcar como combustível de queima.

Dessa forma, as definições de resíduos agrícolas e agroindustriais são relevantes vistos que os materiais restantes das colheitas e das produções agrícolas são reutilizados no processamento industriais das matérias primas agropecuários. Vale ressaltar que sua retirada do terreno deve ser feita de maneira racional, pois contribuem para a proteção do solo (BRASIL, 2009).

Sawinet *al* (2012) destaca que a biomassa pode ser utilizada diretamente na geração de calor ou transformada em biocombustíveis tais como briquetes e péletes, líquidos como etanol e biodiesel ou gasosos, a exemplo do biogás e gás de síntese.

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (2009), a oferta de biomassa deve dobrar até 2020 e triplicar até 2030. Os resíduos agrícolas por serem aqueles que ainda se encontram no campo necessitam de investimentos para exploração, produção, transporte e maquinário para a recuperação da biomassa, e sua transformação em energia. Já os agroindustriais como o bagaço de cana de açúcar e a casca de arroz já se encontram concentrados facilitando a geração de energia de forma eficiente.



**Tabela 1:** Oferta de biomassa por resíduo agrícola e agroindustrial no Brasil (106 toneladas/ano).

	2005	2010	2015	2020	2030
<b>Resíduos agrícolas</b>	478	634	768	905	1.196
<b>Soja</b>	185	251	302	359	482
<b>Milho</b>	176	251	304	361	485
<b>Arroz (palha)</b>	57	59	62	66	69
<b>Cana de açúcar (palha)</b>	60	73	100	119	160
<b>Resíduos agroindustriais</b>	60	72	100	118	158
<b>Cana de açúcar (bagaço)</b>	58	70	97	115	154
<b>Arroz (casca)</b>	2	2	3	3	3

Fonte: Ministério de Minas e Energia (2009).

## 2.1 Biomassa

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente –MMA (2009), todo recurso renovável que tem por objetivo principal a produção de energia é denominado Biomassa. Como exemplos, pode-se citar: casca de arroz, cana de açúcar, serragem de madeira, entre outros.

Uma das principais vantagens da utilização de biomassa, conforme Burattini (2008), é que a mesma pode ser aproveitada diretamente, através de fornos e caldeiras, tornando-se, desta forma, uma alternativa para as usinas termelétricas que trabalham com combustíveis fósseis. E, um aspecto muito importante a ser considerado quando há a utilização da biomassa são justamente os impactos ambientais que deixam de existir.

Cita-se, segundo Brand (2006), alguns dos problemas gerados pela falta de uso da biomassa: Poluição ambiental, Gastos com transporte e manuseio dos resíduos, Desperdício de matéria-prima, entre outros.

### 2.1.1 Definição para fins energéticos

A Agência Nacional de Energia Elétrica (2009) define a biomassa como qualquer matéria orgânica passível de ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica. A biomassa pode ser de origem florestal, agrícola ou de outros resíduos como de origem de rejeitos urbanos e industriais como o lixo. Porém, estes resíduos estão dispostos na natureza sob a forma bruta, podem gerar vários

impactos à natureza devido à liberação de altas cargas de carbono (BLEY JÚNIOR *et al*, 2009).

Goldemberg (2009) relata que existe um grande número de tecnologias de conversão energética da biomassa adequadas para aplicações em pequena e grande escala incluindo a utilização da energia do biogás da degradação anaeróbica em aterros sanitários. Vale ressaltar que o etanol no Brasil é obtido através da cana-de-açúcar, sendo também produzido em escala comercial a partir do milho nos Estados Unidos. Dessa forma, a biomassa pode gerar combustíveis sólidos, líquidos e gasosos. A sua importância no desenvolvimento econômico e social unidas nos aspectos da vida moderna (COUTO *et al*, 2009).

### 2.1.2 Consumo e sustentabilidade da biomassa

De acordo com o Balanço Energético Nacional (2012) toda energia gerada por fontes renováveis a partir de 2011 foram distribuídas entre a biomassa da cana de açúcar (16%), energia hidráulica e elétrica (15%), a lenha e o carvão vegetal (10%) e outras fontes (4,1%).

Dessa forma a tendência do Brasil é aumentar a produção não só dos biocombustíveis líquido como biodiesel e o etanol, mas dos biocombustíveis sólidos como os briquetes (YAMAJI *et al*, 2013).

Segundo o Ministério de Minas e Energia (2009) muitos avanços e estudos sobre diferentes resíduos de biomassa produzidos no Brasil foram realizados com o intuito de avaliar o potencial de recuperação econômica do país, principalmente no que tange os ciclos de vida dos produtos energéticos e sua aplicação sustentável.

Rosillo-Calle *et al* (2013) relata que em países em desenvolvimento, a biomassa é a fonte de energia mais importante e revela que em 2050 aproximadamente 90% da população mundial estará vivendo em países com grande presença de biomassa como fonte de obtenção de energia.

Ainda segundo o Balanço Energético Nacional (2012), a participação das energias renováveis na matriz energética brasileira teve uma pequena redução em virtude da queda na safra de cana de açúcar, porém a porcentagem de energia renovável manteve no patamar de 44,1% entre as mais elevadas do mundo. Isso demonstra que é necessário aprimorar e aplicar de forma eficaz os resíduos como opção de biomassa para fins energéticos.

Para a Agência Nacional de energia Elétrica (2009) estudos sobre outros tipos de resíduos com potencial energético renovável é de extrema importância. Por isso, a grande maioria dos países, desenvolvidos ou não, buscam forma de incluir energias alternativas renováveis nas suas matrizes energéticas reduzindo a dependência de importância de petróleo.

Cruz *et al* (2009) destaca que um dos grandes benefícios gerados pela utilização da biomassa é a capacidade de gerar emprego, principalmente no meio rural e a absorção de carbono na atmosfera diminuindo o impacto ambiental.

### 2.1.3 Biomassa como combustível sólido

Erolet *al* (2010) relata que nos últimos anos várias pesquisas revelam a importância da biomassa na geração de energia através da combustão direta da biomassa in natura ou densificada. Dentre estes estudos é possível apontar autores como Vassilevet *al* (2010) que estudou 86 biomassas diferentes, estabelecendo correlações e associações entre as características químicas destas relacionada ao poder energético.

Erol *et al* (2010) relaciona a composição química de 20 biomassas diferentes relacionados ao poder calorífico e correlacionadas com cinzas, voláteis, carbono fixo e umidade da amostra a quantidade de energia que poderá ser gerada. Estudos realizados por Alaru (2011), Husainet *al* (2012), Yamanet *al* (2010) relatam que a biomassa originária da extração de diversos tipos de óleos é excelente para fabricação de briquetes como: a torta da canola, da semente de algodão, da azeitona, da palma e do girassol utilizados para geração de energia.

### 2.1.4 Caracterização da Biomassa

De acordo com Cortez *et al* (2008), quando se determinar o potencial de geração de energia de um combustível deve-se conhecer suas características químicas e térmicas fundamentais, a composição elementar e imediata e o poder calorífico.

Segundo Rendeiro e Nogueira (2009) as poucas espécies que possuem a composição química necessária precisa ser publicada na literatura específica devido ser complexa da biomassa vegetal, assim, a análise elementar para obter os

percentuais mássicos de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio e enxofre que são combustíveis necessários para biomassa de combustível.

De acordo com Protásio et al (2012), as características técnicas da composição elementar são importantes de acordo com a biomassa empregada como combustível, visto que os teores elementares estão relacionados com a capacidade energética de cada biomassa.

Para os autores, os altos teores de carbono e hidrogênio e os baixos teores de oxigênio são utilizados como fonte de energia na biomassa quando as correlações existentes entre os componentes e o poder calorífico são os mesmos. De acordo com Parikh et al (2013) e Ramos e Paula et al (2011), o carbono e o hidrogênio liberam grandes quantidades de energia durante a combustão, dessa forma, altos teores destes elementos são indicativos de uma boa capacidade térmica.

Manalula e Meincken (2009) destacam que os elevados teores de nitrogênio não são desejáveis, visto que a maior formação de compostos prejudiciais ao meio ambiente como os óxidos de nitrogênio tóxico formado durante a combustão que reagindo com a atmosfera, aumenta o risco de combustão podendo ocasionar chuva ácida.

Ramos e Paula et al (2011) os diferentes resíduos vegetais quanto a suas composições químicas estão representados de acordo com o potencial utilizado como biomassa para geração de energia, principalmente devido aos altos teores de carbono e hidrogênio e os baixos teores de nitrogênio e enxofre. Vale ressaltar que, os altos teores de oxigênio tem uma correlação negativa com a capacidade energética do material e com a casca de arroz.

Capote (2012) relata que o poder de queima do biocombustível está relacionado aos teores de umidade e cinzas do mesmo, visto que quanto menor o teor de umidade e cinzas, maior o poder de queima. Parikh et al (2013) destaca que mesmo as cinzas sendo materiais inertes durante a combustão, podem agir no poder calorífico em grandes quantidades. Porém, o carbono fixo, quanto maior o teor de carbono mais lento é a queima.

Segundo Cortez et al (2008) o poder calorífico pode ser definido como a quantidade de energia liberada na forma de calor durante a combustão completa da unidade de massa do combustível em questão. O poder calorífico, segundo Quirino

et al (2013), pode ser classificado em dois tipos, o poder calorífico superior e o poder calorífico inferior.

Rendeiro e Nogueira (2009) destaca que o poder calorífico superior é aquele que a combustão ocorre a volume constante, onde a água é condensada durante a combustão e o calor derivado é recuperado, o poder calorífico inferior só pode ser determinado se for reconhecido o poder calorífico superior do combustível e sua relação com as quantidades de átomos de hidrogênio e carbono.

Protassio et al (2012) relata que o poder calorífico líquido depende dos diversos fatores do tipo de biomassa utilizada e o teor da umidade. Ele relata que a relação direta e positiva entre o poder calorífico e os teores de hidrogênio e carbono e tem uma influência negativa sobre o poder calorífico.

Dessa forma, segundo Erol et al (2010) o poder calorífico superior depende dos valores da biomassa de origem agrícola através da combustão que estão no bagaço de cana, na casca de arroz, casca de café e a serragem. Para Protassio et al (2012) quanto maior é o valor desse índice, melhor é o desempenho dos resíduos para produção de bioenergia, tendo por base a torrefação.

Chew e Doshi (2011) define torrefação como um tratamento térmico onde a matéria prima é submetida a temperaturas relativamente baixas entre 200 e 300°C, na ausência de oxigênio. De acordo com Bridgeman et al (2013) a torrefação promove o melhoramento das propriedades da biomassa em relação às técnicas de processamento para geração de energia como co-combustão com carvão ou gaseificação.

Arias et al (2009) destaca que a temperatura ideal para torrefação está entre 200 e 300°, pois primeiro ocorre à perda de massa devido aos componentes da hemicelulose. Desta forma, a composição da biomassa é de grande importância e influencia na quantidade final de produtos sólidos e voláteis após a torrefação. Bridgeman et al (2009) afirma que a relação dos resíduos agrícolas esta proporcional ao teor de hemicelulose e sua taxa de conversão comparativa com a biomassa lenhosa.

Protasio et al (2012) destaca que se comparar a biomassa torrificada com a não torrificada apresenta características que favorecem o processamento termoquímico, com uma maior friabilidade e melhor comportamento hidrofóbico, além de um aumento do potencial energético.

Gilbert et al (2009) relata ainda, que apesar disso, briquetes produzidos com biomassas torrificadas apresentam baixa resistência mecânica e uma densidade energética menor, o que pode indicar a durabilidade dos briquetes na geração de energia.

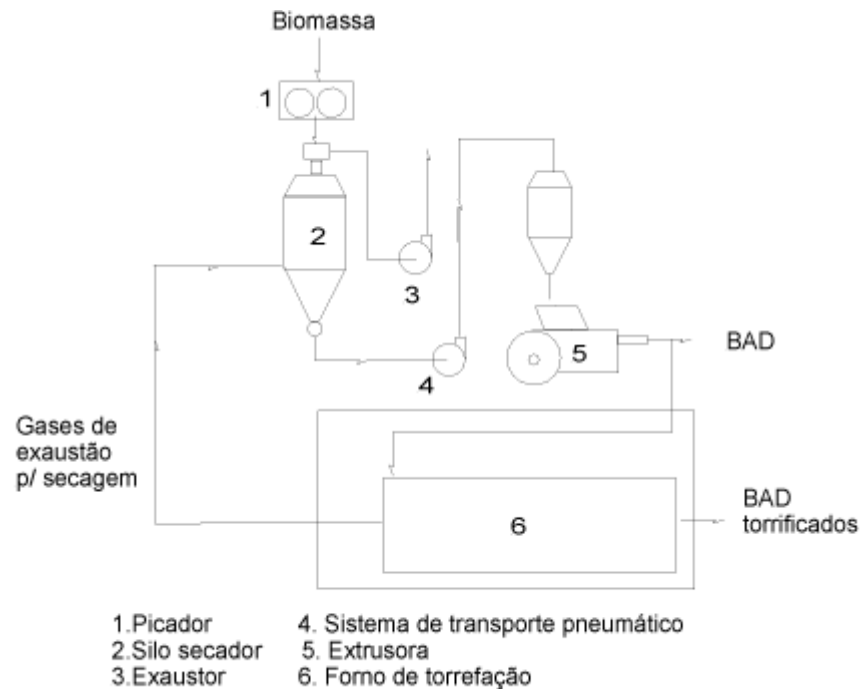


Figura 1. Fluxograma da fábrica de briquetes com sistema de torrefação anexo.

Fonte: Quirino (2011)

Vale ressaltar, segundo Batidziral et al (2013) que a torrefação da biomassa é um pré-tratamento que contribui para sua comercialização como fonte de geração de energia, porém ainda necessita de estudos que discutam mais detalhadamente sua metodologia e comprovem o seu retorno econômico.

## 2.3 BRIQUETES

### 2.3.1 Definição e Normatização

Conforme a definição do Projeto Caatinga Viva (2015), briquete é uma fonte comprimida de material energético, uma lenha ecológica que pode substituir outras formas de combustíveis da indústria, como por exemplo: carvão vegetal, mineral e a lenha. O briquete pode ser produzido a partir do aproveitamento de: poda de árvores, resíduos de carnaúba, plantas bioenergéticas (capim elefante, capim vetiver, etc.), resíduos de serrarias, construção civil, agroindústrias, etc. (PROJETO

CAATINGA VIVA, 2015). Neste trabalho, o foco é o briquete produzido através de resíduos de madeira, em virtude da abundância desta matéria-prima na região.

Segundo Rosillo-Calle et al (2013) briquetagem é o processo de agregação de pequenas partículas com o uso de prensas de alta pressão, com ou sem aquecimento. Geralmente, as partículas são prensadas com a adição de ligantes para formar os agregados chamados briquetes. A briquetagem é uma forma bastante eficiente de se concentrar a energia disponível na biomassa.

Quirino e Brito (2011), consideram que 1,00 m<sup>3</sup> de briquetes, contém pelo menos 5 vezes mais energia que 1,00 m<sup>3</sup> de resíduos, levando-se em consideração a densidade a granel e o poder calorífico médio desses materiais. Assim, Srivasta et al (2014) relata que a densificação da biomassa possui um reflexo positivo em relação à energia contida na biomassa aparentemente aumentada entre 10 e 15 vezes se comparado com os resíduos secos antes da briquetagem. Quanto maior a densidade, maior a concentração de energia contida por m<sup>3</sup>.

De acordo com Mani et al (2006), como o briquete é vendido por peso (quilograma ou tonelada) e a lenha é vendida por volume (metros cúbicos), a comparação mais comum é:

**Tabela 2 – Peso e volume do produto briquete x lenha (kg x m<sup>3</sup>)**

PRODUTO	Tipo de resíduo	Poder calorífico superior [kcal/kg]	Peso específico [kg/m <sup>3</sup> ]	Peso a granel [kg/m <sup>3</sup> ]	Umidade
BRIQUETE	CASCA DE ARROZ	3.800	1100	650 – 700	12 %
	CASCA DE CAFÉ	4.100	1100	650 - 700	12 %
	RESÍDUOS DE ALGODÃO	4.300	1100	650 – 700	12%
	RESÍDUOS DE PINUS	4.600	1170	700 – 750	12%
	BAGAÇO DE CANA	4.700	1100	650 – 700	14%
	RESÍDUOS MADEIRA DE LEI	4.900	1200	750 – 800	12%
	RESÍDUOS DE EUCALIPTO	4.800	1180	720 – 780	12%
LENHA COMERCIAL	-	2.200 a 2.500	600	350 – 400	25 – 30%

Fonte: Mani et al (2006)

Considerando os briquetes obtidos a partir de resíduos de madeira, com base nos dados da tabela acima, percebe-se que, em média 1,0 toneladas de briquetes de resíduos de madeira = 2,0 toneladas de lenha comercial. Mas como o briquete é vendido por peso (quilograma ou tonelada) e a lenha é vendida por volume (metros cúbicos), é necessário transformar duas toneladas de lenha comercial em metros cúbicos (MANI et al, 2006).

Considerando os briquetes obtidos a partir da casca de arroz, com base nos dados da tabela acima, percebe-se que, em média, 1,0 toneladas de briquetes de casca de arroz = 1,6 toneladas de lenha comercial. Mas o como o briquete é vendido por peso e a lenha é vendida por volume, como já explicitado anteriormente, é necessário transformar 1,6 toneladas de lenha comercial em metros cúbicos.

De acordo com Rendeiro e Nogueira (2009) existem diversas vantagens na utilização dos briquetes para geração de energia, dentre elas: a homogeneidade de forma e a granulometria que regularizam e melhoram a eficiência da queima; a redução do espaço necessário ao armazenamento; a facilidade de manuseio, transporte e redução de custos, já que a capacidade integral do transporte passa a ser utilizada; produção em tamanhos padrões, no formato de cilindros ou bolachas conforme figura 1.



**Figura 2** – Formato de briquetes

Fonte: Rendeiro e Nogueira (2009).

De acordo com Nyer e Matsumura (2011) os briquetes podem ser feitos de qualquer material orgânico. Não existe uma fórmula certa para se determinar a composição de briquete viável para cada região e cada necessidade. Para a formulação do briquete o ligante é muito importante, deve ser barato, de fácil manuseio e proporcionar uma resistência mecânica forte.

Fillipeto (2009) ressalta ainda que, a lignina pode começar a ceder suas ligações entre 100 e 190°C, dessa forma pode agir como uma cola entre as partículas, sendo ativada pela alta temperatura. Por este motivo materiais ricos em



compostos celulósicos podem vir a dispensar a adição de um ligante durante a briquetagem.

Segundo Capote (2012) o desenvolvimento da normatização de briquetes no Brasil é recente, por isso a caracterização de briquetes para fins energéticos vem se tornando cada vez mais importante, o que vem a favorecer sua melhor aplicação doméstica ou industrial.

Nesse aspecto, o mercado europeu se destaca, uma vez que em certas regiões já foram criadas normas oficiais, com o objetivo de garantir uniformidade em benefício ao consumidor. Essas normas oficiais foram elaboradas e implementadas isoladamente em países como Áustria, Alemanha e Suécia, porém já existe um movimento de uniformização das mesmas em todo o continente, através do Comitê Europeu de Normalização (CEN) (CHIES, 2012). Uma das principais normas Europeias é a norma Sueca SS 18 71 21, para briquetes de madeira. A Tabela 3 demonstra especificações dessa norma com relação às principais propriedades desses compactados (GENTIL 2008).

Além dos resíduos de madeira pode ser utilizado como biomassa para briquete o bagaço de cana de açúcar, a palha de milho, a casca de arroz, entre outros resíduos florestais, urbanos e da agroindústria. Pode-se dizer que são características ótimas de um briquete em relação à composição, estrutura e capacidade de geração de energia: poder calorífico superior a 4585 kcal.kg<sup>-1</sup>; densidade de 1,2 g.cm<sup>-3</sup>; umidade de 12%; carbono fixo de 14%; sólidos voláteis de 84% e cinzas de 2% (RENDEIRO e NOGUEIRA, 2009).

**Tabela 3** - Norma sueca para briquetes SS 18 71 21

Propriedade	Unidade	Grupo1	Grupo2	Grupo3
Dimensão (diâmetro)	mm	min. 25	min. 25	min. 25
Dimensão (comprimento)	mm	max. 300	max. 100	-
Densidade a granel	kg.m <sup>-3</sup>	>550	>450	>450
Teor de Umidade	%b.u.	≤12	≤12	≤15
Teor de Cinzas	%m.s.	≤15	≤15	-
Poder Calorífico Útil	kcal.kg <sup>-1</sup>	≥3869	≥3869	-

Fonte: Adaptado pelo autor HISMARK (2002), citado por GENTIL (2008).

De acordo com Capote (2012), a determinação das propriedades de cada briquete é necessária para verificação dos riscos de emissão de poluentes e

ainda, verificar o alto teor de cinzas em briquetes que podem se fundir em caldeiras, formando incrustações, corrosão e assim, diminuir a potencialidade da produção energia. Segundo o autor, as variáveis podem influir nas propriedades do produto, como tamanho das partículas, teor de umidade, densidade, pressão, temperatura e uso de ligantes.

Fillipeto (2009) destaca que a temperatura da compactação exerce uma função importante na propriedade final do produto. Em relação ao ligante, sua principal função é garantir resistência mecânica à biomassa compactada, mas deve também, conferir resistência térmica ao produto final.

### 2.2.2 Briquetagem

Briquetagem é um processo no qual pequenas partículas de material sólido são prensadas para formar blocos de forma definida e de maior tamanho. Por meio desse processo, subprodutos de beneficiamento agro florestal e finos de carvão convertem-se em um material de maior valor comercial (ANTUNES, 1982).

A briquetagem consiste no processo de compactar resíduos orgânicos e lignocelulósicos objetivando uma melhora da eficiência energética da biomassa (LIPPEL, 2015).

Durante o processo de briquetagem são geradas mecanicamente pressões elevadas (200 MPa), que provocam um incremento térmico da ordem de 100 a 150°C. Esta temperatura se origina da plastificação da lignina (\*), que atua como elemento aglomerante das partículas de madeira, não sendo necessário, portanto, a adição de produtos aglomerantes (resinas, ceras). Para o processo de aglomeração é necessária a presença de uma quantidade de água entre 8% e 15% B.H. em que o tamanho máximo da partícula é da ordem de 0,5 a 1cm. Quando se dispõem de resíduos com essas características, a fabricação dos briquetes se torna muito econômica (40-60 KWh/t). Se for necessário secar ou moer os resíduos previamente, os custos aumentam consideravelmente (LIPPEL, 2015)

Tanto a briquetagem quanto a peletização são processos que transformam resíduo em combustível sólido através da plastificação da lignina. As principais diferenças entre briquete e pellet são a dimensão dos mesmos, o briquete tem maior tamanho, e o processo de extrusão, no qual a peletização exige um maquinário superior e um processo mais seletivo dos resíduos (LIPPEL, 2015).

A briquetagem é um processo de densificação de resíduos. Todo resíduo de origem vegetal pode ser compactado pela briquetagem, bastando atender às

necessidades de granulometria e teor de umidade exigido pelo processo. Esse processo possui a vantagem de transformar um resíduo de baixíssima densidade em uma lenha de alta qualidade (QUIRINO et al, 2013).

Em 1848, foi concedida uma Patente para William Easby para um método de conversão de carvão miúdo em torrões sólidos.

“A utilidade e a vantagem da descoberta são que, através desse processo, um artigo de pequeno valor, quase desprezível, pode ser convertido em um artigo valioso de combustível para navios a vapor, forjas, culinária e outras finalidades, assim economizando o que agora é perdido” (BROSCH & FURUNO, 1968).

O processo de briquetagem é composto por 7 (sete) etapas básicas: (a) **Estoque de Matéria-Prima:** a matéria oriunda dos fornecedores é recolhida e estocada no pátio da fábrica, estando disponível para a etapa posterior; (b) **Silo úmido:** equipamento responsável pela estocagem da matéria-prima ainda úmida, que será transportada para o moinho; (c) **Moinho:** é um triturador, utilizado para moer os pedaços de madeira maiores (refugos do beneficiamento da madeira) que são difíceis de serem separados da serragem no processo de coleta; (d) **Secador:** equipamento com caldeira que emite o calor necessário para a secagem da madeira, oferecendo condições básicas para a sua transformação em briquetes; (e) **Silo Seco:** equipamento responsável pela estocagem da serragem seca, que é transportada para a briquetadeira posteriormente; (f) **Briquetadeira:** equipamento de produção propriamente dita do briquete. A madeira é compactada a altas temperaturas, de forma que plastifique a lignina e transforme o pó em um cilindro homogêneo. (g) **Embalagem:** geralmente, os briquetes são embalados em sacos de ráfia, garantindo maior higiene no transporte e na estocagem do produto; (h) **Estoque de Produto Acabado:** última etapa do processo produtivo, onde os briquetes já embalados ficam estocados para depois serem transportados aos clientes (BRINOP, 2009).



**Figura 3** – Diversos tipos de materiais briquetados

Fonte: Biomachine, 2006

A lenha ecológica, como é conhecida o briquete produzido com pó de serragem e com restos de madeira descartados por indústrias, pode ser uma boa alternativa de produção de energia além de um meio adequado de se lidar com os resíduos vegetais. Além de carvão e resíduos de madeira, outros resíduos lignocelulósicos podem ser utilizados na produção de briquetes, como por exemplo, a casca de arroz, palha de milho, sabugo, bagaço de cana, etc., e obter briquetes com qualidade superior a qualquer lenha.

**Tabela 4** – Comparação de Briquete e Lenha

<b>Briquete</b>	<b>Lenha</b>
Alto poder calorífico	Baixa temperatura da chama
Armazenagem racional paletizada	Grandes áreas para armazenamento
Redução da mão de obra no manuseio	Maior mão de obra
Redução de volume na estocagem e no transporte	Sujeira no local de estocagem e no transporte
Menos poluição com mais energia	Grande quantidade de cinzas
Maior temperatura da chama	Quebras de partes internas da fornalha
Isento de licenças especiais	Licenças especiais
Baixo teor de cinzas	Baixa uniformidade de calor
	Material com grande umidade

Fonte: Biomachine, 2006

### 2.2.3 Características de briquetes

As características fundamentais dos briquetes não variam muito de um resíduo para outro. De acordo com as informações da Nacbriquetes a tabela abaixo relaciona as principais características dos briquetes.

**Tabela 5** – Características de briquetes

<b>Características</b>	<b>Valor</b>
<b>Umidade</b>	10 a 12%
<b>Carbono Fixo</b>	13,6%
<b>Cinzas</b>	2%
<b>Materiais voláteis</b>	84,4%
<b>Poder calorífico</b>	4650 kcal/kg
<b>Densidade</b>	1.000 a 1.300 kg/m <sup>3</sup>

Fonte: Nacbriquetes, 2010

A umidade de um material está relacionada com o seu teor de água, no caso do briquete o valor de 10 a 12% de umidade é considerado baixo em relação à lenha convencional que é de 30 a 40%. Com relação ao carbono fixo tem-se que quanto maior este valor maior o calor gerado, já os materiais voláteis quanto menor o valor mais lentamente será a queima do material, apesar dos valores encontrados nos briquetes para estes dois parâmetros está em desacordo com o conceito, o alto

poder calorífico do briquete, que é a quantidade de calor que desprende 1 kg de combustível quando de sua combustão completa, supera esta questão já que este valor é bem superior ao da lenha (2.000 a 2.500 Kcal/Kg), (NACBRIQUETES, 2010).

Com relação à densidade, que é definida como a relação entre a sua massa e o seu volume, ela informa se a substância de que é feito um corpo é mais ou menos compacta, no caso específico a densidade da lenha (280 kg/m<sup>3</sup>) é bem menor do que do briquete, portanto o briquete é mais compacto do que a lenha (BIOMACHINE, apud. Silveira, 2007).

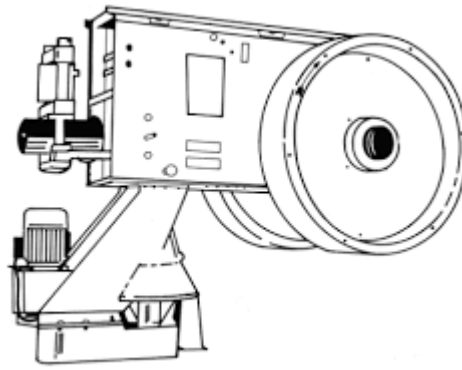
Os briquetes são fabricados para atender os estabelecimentos e indústrias que possuam fornalhas, fornos, caldeiras e que utilizam lenha para gerar energia, eles substituem com vantagem à lenha à medida que diminui custos, facilita o transporte, a manipulação e o armazenamento. Seu formato cilíndrico padronizado reúne uma alta densidade de resíduos prensada, sem a adição de produtos químicos ou componentes com alto poder calorífico. Os briquetes contribuem para o controle do desmatamento e da poluição já que uma grande quantidade de resíduo que seria descartado pode ser aproveitada.

#### 2.2.4 Equipamentos para compactação na Produção dos Briquetes

Segundo Quirino (2011), determinados aparelhamentos ou princípios básicos de compactação existentes no comércio mostram-se muito hábeis, porém são equipamentos industriais sobrecarregados, grandes e voltados à alta operosidade, tais como: extrusoras de pistão mecânico, extrusoras de pistão hidráulico, extrusoras de rosca sem fim, ou ainda peletizadoras.

Gentil (2008) relata que o tipo mais utilizado no Brasil é a prensa extrusora de pistão mecânica, geralmente pesando de seis a dez toneladas, constituída de um pistão de aço horizontal pulsante de movimentos rotativos, sendo ligado excentricamente a um virabrequim e este atrelado a um volante.

Quirino (2011), ainda enfatiza que esta é uma técnica desenvolvida desde o começo do século vinte e bastante admitida no mundo, uma máquina extrusora de pistão mecânico.

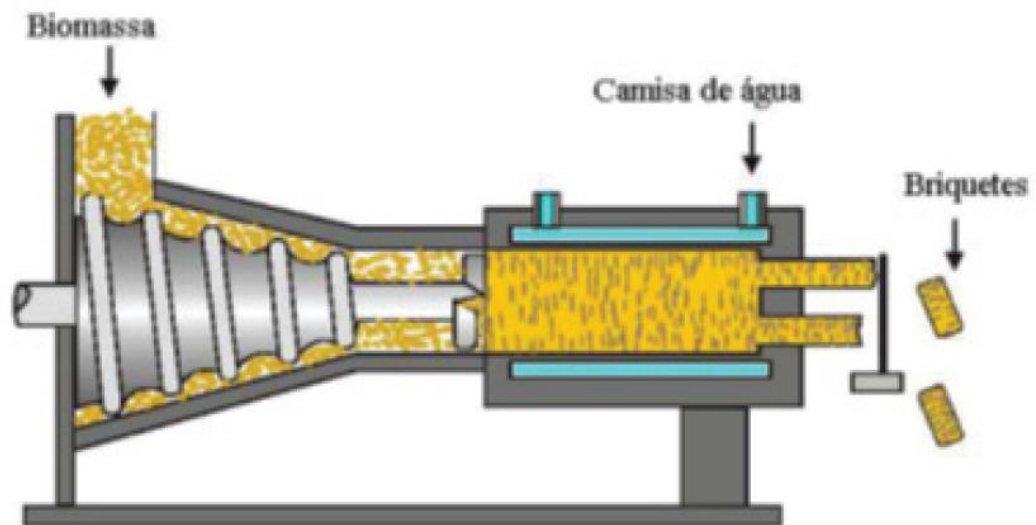


**Figura 4** – Prensa extrusora de pistão mecânico

Fonte: Quirino, 2011

Prensas termodinâmicas de pistão tem um tempo de vida extenso e baixo consumo de energia. Podem ser utilizadas com uma extensa gama de biomassas como, por exemplo, bagaço de cana-de-açúcar, casca de arroz, casca de amendoim, caule de algodão, caule e casca de girassol, restos de serraria entre outros. Entretanto, as prensas de pistão demandam muita sustentação e os briquetes, dependendo das propriedades finais, não podem ser queimados, pois não têm a resistência mecânica adequada para manterem sua estrutura após a carbonização (CHEN et al., 2009).

Para Quirino (2011), a prensa extrusora de rosca sem fim é um artifício muito comum para restos, no exterior, oferecendo extraordinários resultados. Seu princípio mecânico é análogo às marombas da manufatura cerâmica, sendo de fácil manutenção e aquisição favorável se comparado a outros tipos produzidos no exterior. A figura 5 mostra uma vista frontal em corte do princípio básico de uma máquina extrusora de rosca cônica.



**Figura 5** – Prensa de parafuso cônico

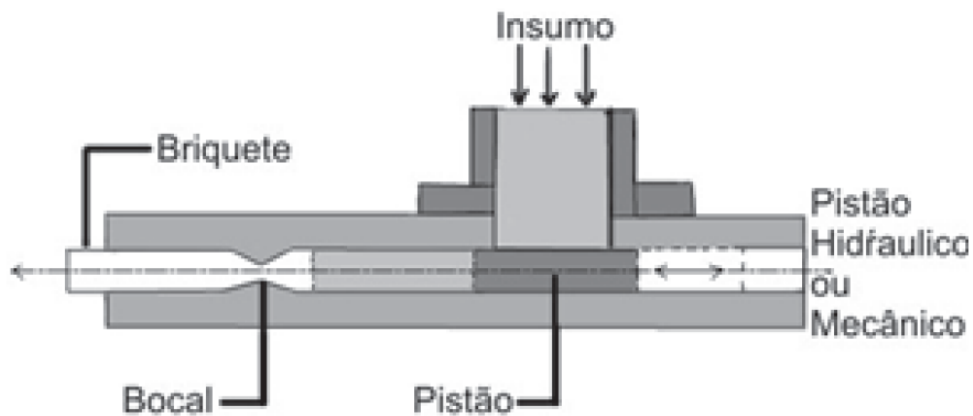
Fonte:WalbertChrisostomo (2010).

A rosca coniforme nutre o material e a pré-compacta em uma antecâmara, após a compactação se dá em um cabeçote de aperto, obtendo produto final em uma matriz. O arrefecimento alto gerado pela esfregação requer um sistema de arrefecimento ao redor da matriz. Apesar da excelente qualidade dos briquetes, o problema desta máquina é o rápido deterioração da parte frontal da rosca e os custos das peças de reposição.

Outro equipamento que usa um pistão, porém este ativado hidráulicamente é a extrusora de pistão hidráulico. Onde o material a ser compactado é nutrido lateralmente por uma rosca sem fim e uma peça frontal ao embolo ligada e expulsa o briquete quando se atinge a pressão desejada (QUIRINO, 2011).

A pressão necessária para a compressão é produzida por um invólucro hidráulico que libera o briquete comprimido uma vez que a pressão é atingida e pode ser ajustada usando um regulador para manter a conexão (FILIPPETTO, 2009). Nesse tipo de compactadora, a energia para o pistão é transmitida por um movedor elétrico via um sistema hidráulico de óleo a alta pressão. Devido ao fato da pressão ser inferior ao da prensa mecânica, resulta em menor produtividade, mas pode aceitar resíduos agrícolas com teores de umidade acima de 15%.





**Figura 6** – Corte transversal da prensa de pistão

Fonte: Quirino (2011)

Outra máquina segundo Quirino (2011) é a peletizadora, que tem o princípio de funcionamento dos equipamentos de produção de ração animal, onde há necessidade de injeção de vapor para aquecer e corrigir a umidade, também operando pelo processo extrusivo. Sendo que este equipamento vem sendo experimentado para compactação de resíduos com resultados razoáveis

Segundo Erol et al (2010), uma usina de briquetagem completa é composta por: local de recepção do material; picador ou triturador; peneira; silo úmido; secador; silo seco; briquetadeira e local para estocagem do briquete pronto, podendo variar em função da matéria-prima a ser processada.

Os autores destacam que ao chegar à usina, o material em tamanho acima do admitido pela briquetadeira deve ser triturado em triturador de martelos ou moído em um picador de quatro facas, passar pela peneira onde ficarão retidos pedaços maiores, antes de ser enviado ao silo úmido. Do silo úmido, o material é conduzido ao secador para reduzir a umidade ao nível que permita a briquetagem. O secador utiliza como matéria-prima em sua fornalha, parte dos resíduos ou lenha. Se movido a resíduo, o secador utiliza de 8 a 20% da matéria-prima, dependendo da tecnologia de secagem empregada. Ao sair do secador, o material é conduzido ao silo seco, permanecendo estocado antes de ser briquetado. A briquetadeira recebe o material do silo seco e após a briquetagem, já na forma de briquete, o material é embalado (EROL et al, 2010).

### 2.3 MERCADO DE BRIQUETES NO BRASIL

Os consumidores finais ocupam um lugar de destaque na comercialização do briquete. Além da melhoria da qualidade de vida, produtores e consumidores, o briquete está associado à preservação ambiental. A maior parte da demanda do briquete no Brasil é feita pelas indústrias e agroindústrias para uso em fornalhas para calor e caldeiras para vapor. Algumas serrarias principalmente dos Estados do Pará e do Mato Grosso que acumulam elevados volumes de serragem, estão briquetando este material para uso próprio em fornalhas ou caldeiras, fazendo carvão ou ainda vendendo este material (BIOMASSA E BRIQUETES, 2010).

O mercado consumidor de briquetes é bem amplo já que ele pode ser utilizado em residências, churrasqueiras, padarias, olarias, frigoríficos, pizzarias, lareiras dentre outros. A Tabela abaixo apresenta o consumo mensal de briquetes em relação à lenha em alguns tipos de estabelecimentos.

**Tabela 6 – Consumo mensal de briquetes em relação à lenha**

Estabelecimento	Consumo Mensal (%)	
	Briquete	Lenha
<b>Padarias fornilho</b>	1,5	3,08
<b>Pizzaria forno 06 pizzas</b>	2,0	3,92
<b>Lareiras médias</b>	1,0	1,96
<b>Caldeiras 2</b>	15	29,4
<b>Caldeiras 4</b>	30	58,8
<b>Fogões a lenha</b>	1,0	1,96

Fonte: Nacbriquetes, 2010

Como pode ser observado na tabela acima, o consumo de lenha é maior do que o de briquetes, devido ao seu maior poder calorífico se gasta menos briquetes do que lenha na queima.

É importante destacar que as perspectivas de mercado para os briquetes torreficados, e os briquetes em geral, ainda podem vir a ser melhores, pois cada vez são maiores as exigências ambientais por parte de órgãos nacionais e internacionais no que diz respeito ao uso de combustíveis. Por exemplo, na Suécia desde 1991 foi instituída a taxa verde (*greentax*) na produção de energia. Esta taxa é cobrada em função dos quilos de dióxido de carbono emitidos para todos os combustíveis exceto para os biocombustíveis. Esta taxa teve uma grande contribuição na alavancagem do mercado de biocombustíveis na Suécia, tornando os preços da biomassa mais

competitivos em relação a os combustíveis fósseis, e também teve um impacto substancial na redução das emissões de dióxido de carbono na atmosfera. O valor desta taxa varia em função do tipo de combustível fóssil, sendo seu valor entre 0,023 e 0,068 euro/t (SVEBIO, 2009).

Considerando que no Brasil existe um projeto sobre os resíduos sólidos sendo tramitado no Congresso Nacional, existem possibilidades de instituir-se um tipo de incentivo ao uso de resíduos como combustíveis, proporcionado maior competitividade aos briquetes. É importante notar o uso do briquete como combustível doméstico é um meio importante de evitar a exploração indiscriminada das florestas para a produção de carvão vegetal e de canalizar de forma ecologicamente correta os resíduos da transformação da madeira e das produções agrícolas. Seria prematuro falar de um imposto verde no Brasil nos próximos anos, entretanto, poderia ser instituído um selo verde para os produtos procedentes de resíduos vegetais (briquetes, pellets, bio-óleo, entre outros), criando incentivos, por exemplo: abatimento no Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), facilidades de créditos bancários e financiamentos especiais. Ao criar incentivos fiscais no comércio dos briquetes é possível formar preços mais competitivos e conseqüentemente incentivar o uso destes combustíveis no mercado.

O Brasil tem grandes chances de aumentar a produção de briquetes de finos de carvão vegetal como também de outros materiais, como sugere o projeto realizado na Universidade Federal do Pará por Rodrigues et al (2012) que estuda a utilização de resíduos da flora paraense para produção de briquetes energéticos utilizando resíduos de açaí e cacau em mistura com serragem. De acordo com o estudo, o briquete composto por 50% de caroço do açaí, 30% de serragem e 20% de casca de cacau apresentou um poder calorífico superior de 3.740,6 kcal/kg e o briquete composto por 45% de caroço do açaí, 50% serragem de e 5% de casca de cacau apresentou um poder calorífico superior de 3.801 Kcal/Kg. Os resultados são próximos ao poder calorífico de briquetes fabricados com resíduos de maior valor energético como os de eucalipto (4.486 Kcal/Kg).

O estudo mostra que é possível produzir briquetes utilizando resíduos diversos com adições reduzidas de materiais de excelente resposta energética. Com isso evita-se também a dependência econômica de um único tipo de matéria-prima

para produção de briquete e aponta para a possibilidade de geração de renda e energia para comunidades rurais do país (RODRIGUES et al., 2012).

De acordo com Srivasta et al (2014) os principais desafios na produção de briquetes no Brasil são: Na logística, a baixa densidade da biomassa residual, somada ao custode coleta e de transporte, torna difícil a utilização dos resíduos longe dos locais de produção; dessa forma, as plantas de briquetagem devem estar localizadas em regiões onde haja disponibilidade de matérias-primas de baixo custo, e, de preferência, próximas ao mercado consumidor.

Outro desafio destacado pelos autores é quanto a Técnica, cada matéria-prima apresenta características distintas, dependendo do vegetal ou do resultado da mistura de vários resíduos em dada área; assim, fazem-se necessários conhecimentos técnicos e inovações tecnológicas para coleta, secagem, moagem e classificação dos materiais, de modo a conseguir-se homogeneidade, qualidade e eficiência. E ainda, na econômica, a produção dos briquetes necessita de investimento inicial em equipamentos (moinhos, secadores e briquetadeiras), o que requer linhas de crédito específicas, bem como estudos prospectivos (SRIVASTA et al, 2014).

### 3 PERSPECTIVAS PARA CONSOLIDAÇÃO DO SETOR DE BRIQUETES

Nos grandes centros, o briquete tem seu papel destacado, competindo diretamente com a lenha e o carvão vegetal. Na cidade de São Paulo existem 5.000 pizzarias e 8.000 padarias, das quais, aproximadamente 70% utilizam fornos à lenha. Atualmente, os fabricantes de briquetes não têm produto suficiente para atender esse mercado. Uma pizzaria ou padaria utiliza em média quatro toneladas de briquetes por mês. Apenas para abastecer a região metropolitana da cidade de São Paulo são necessárias 36.400 toneladas de briquete por mês, que equivalem a 218.400 m<sup>3</sup> de lenha por mês (BLEY JUNIOR et al, 2009).

Em estudo realizado em Palmas – Paraná, por Vassiley et al (2010), verificou-se que existem 8.563 domicílios no município. Com a ocorrência de invernos rigorosos, observa-se que a grande maioria das residências faz uso de fogão à lenha ou lareira para aquecimento doméstico. O briquete pode ser utilizado normalmente em substituição à lenha em fogões e lareiras, bem como ao carvão em churrasqueiras, sem a necessidade de nenhuma adaptação, tornando as residências do município e região consumidores em potencial.

A exportação de briquetes foi liberada pela Instrução Normativa nº 17 de 27 de fevereiro de 2004 e autorizada pela Câmara de Exportação (Camex) do MDIC, já ocorrendo exportação de briquete para países da Europa, principalmente Espanha (BRASIL, 2009).

O briquete compete diretamente com a lenha e o carvão vegetal, obtendo vantagens em vários pontos, principalmente em relação aos efeitos do seu uso sobre o meio ambiente, pois é composto apenas por resíduos. A utilização do briquete ainda não faz parte da cultura brasileira, sendo esta a principal barreira à sua inserção no mercado. À medida que o briquete e, principalmente, suas vantagens em relação à lenha e o carvão vegetal, forem mais conhecidas pela população brasileira, certamente ocorrerá grande crescimento da demanda por este produto.

A redução da umidade (secagem) das 783 toneladas de resíduos geradas utilizando-se de lenha é ambiental e economicamente inviável, pois torna necessária a supressão de florestas nativas. O processo de secagem empregado atualmente, com o uso de secador rotativo de tambor, requer alto investimento na aquisição do equipamento e na sua operação, tornando esse processo inviável economicamente

(FILLIPETO, 2009). Assim, para a valorização dos resíduos úmidos com a briquetagem, deve ser desenvolvido um novo sistema com maior eficiência energética para a secagem do material.

Sendo assim, o investimento na confecção de briquetes, segundo Gilbert et al (2009) consiste em um barracão com espaço para recepção e estocagem do resíduo antes da briquetagem, espaço para a briquetadeira e local de estoque do briquete pronto. Os equipamentos mecânicos necessários para o processamento desse resíduo são: peneira classificadora, briquetadeira e correias de transporte do material ao longo da fábrica.

De acordo com pesquisa realizada por Parikh et al (2013), a briquetadeira é do modelo com capacidade de produção de 1500 Kg h<sup>-1</sup> e motor principal de 75 cv. A peneira consiste em uma mesa vibratória para remoção de partículas maiores que as admitidas pela briquetadeira. As correias de transporte referem-se ao sistema de movimentação da matéria-prima ao longo da fábrica.

Os autores relatam ainda que para operar a máquina são suficientes dois funcionários. Os valores do investimento inicial com aquisição de máquinas, instalações e custos previstos de operação estão descritos abaixo.

O custo da matéria-prima varia entre as empresas, mantendo uma média de R\$ 5,00 o m<sup>3</sup>. A mão-de-obra necessária consiste em um gerente administrativo, com salário de R\$ 3.500,00; um motorista para o caminhão, com salário mensal de R\$ 650,00 e dois funcionários para a briquetadeira, com salário base de R\$ 438,00. O consumo de energia do motor principal da briquetadeira tem valor aproximado de 55,16 kWh. O valor de mercado da tonelada de briquete praticado atualmente, de acordo com profissionais do ramo, na região Sul do Brasil é de aproximadamente R\$ 280,00. Em São Paulo capital, a tonelada é comercializada por valores entre R\$ 400,00 e R\$ 450,00. O principal custo em uma usina de briquetagem está no processo de secagem com uso de secador rotativo de tambor.

Os valores observados nos critérios de avaliação econômica mostram a viabilidade do empreendimento, uma vez que o mesmo proporciona, em valores atuais, um lucro de R\$ 2.589.348,00 referente ao período de funcionamento de 10 anos, que convertido em valores periódicos, equivale a um lucro anual de R\$ 360.190,00.

O valor observado na Razão Benefício Custo (B/C) indica que o empreendimento apresenta uma rentabilidade de 2,18 unidades monetárias para

cada unidade investida. A TIR verificada indica um retorno percentual do empreendimento da ordem de 110,7 %. A viabilidade do empreendimento pode ser verificada também por meio do CMP, que comparado ao preço de venda do produto, proporciona um lucro de R\$156,17 por tonelada produzida. Os resíduos gerados mensalmente pelas empresas pesquisadas, se utilizados em sua totalidade para esta finalidade, podem fornecer uma produção média mensal de 798 toneladas de briquete (EROL et al, 2010).

A instalação de uma usina de briquetagem utilizando resíduo úmido como matéria-prima é inviável devido ao baixo rendimento energético do processo de secagem convencional. A instalação de uma máquina briquetadeira para valorização dos resíduos ligno-celulósicos gerados secos pelas empresas pesquisadas do município de Palmas é econômica e ambientalmente viável.

## **4 METODOLOGIA**

O presente estudo foi desenvolvido na cidade de Porto Nacional no Estado do Tocantins. Para realização do mesmo foi utilizada como método de investigação a pesquisa bibliográfica, que segundo GIL (2009) é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos, também abrange toda a bibliografia já tornada pública em relação ao termo de estudo. Este trabalho fez compilação de dados obtidos em livros, revistas e artigos científicos e documentos elaborados pela EMBRAPA, IBGE, Ministério da Agricultura e outros de mesma natureza.

Também foram realizadas pesquisas em duas empresas na cidade de Porto Nacional – Tocantins: sendo uma Cerealista e a outra Madeireira.



## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os blocos originados a partir do processo de prensa de pequenas partículas resultam em blocos de volume definido e estes são obtidos em processos que envolvem subprodutos agrícolas e resíduos de carvão, caracterizando assim a Briquetagem (ANTUNES, 1982).

Gentil (2008) aborda que variados tipos de resíduos agrícolas podem ser empregados para produzir briquetes tais como: bagaço da cana, resíduos de algodão, cascas de amendoim, podas de árvore, sendo estes resíduos agentes que podem ser vetores de substituição de matérias-primas mais convencionais de fabricação de briquetes, onde o material tradicional apresenta escassez e valor de frete elevado.

De acordo com o responsável pela separação dos grãos de arroz da empresa “um”, secam em média uma carreta de 50 toneladas de arroz dia, em média de 24 carretas por mês. De cada 50 toneladas, 30% é de casca, ou seja, é desperdiçado 15 toneladas de casca a cada carreta beneficiada.

Um briquete que em sua composição apresenta 20% de glicerina tem à razão energia/massa de até 21 MJ/Kg (SANT’ANNA et al, 2012). Por meio da briquetagem, à relação de 1m<sup>3</sup> de matéria prima dos briquetes quando comparado à 1m<sup>3</sup> de briquete, faz com que o processo de adensamento da briquetagem resulte em quantidades que têm o seu rendimento energético aumentado de 2 a 5 vezes, levando-se em conta a densidade a granel e o poder calorífico médio destes materiais (SILVEIRA, 2008).

Outra empresa visitada na cidade de Porto Nacional foi a empresa “dois”. O responsável pela produção e atendimento relatou que, 6 m<sup>3</sup> por semana são desperdiçados de pó de serra e ainda tem que gastar mais para descarte a uma cerâmica próxima. O que confirmar as vantagens que são apresentadas abaixo pelos autores Sant’anna et al (2012). Notou-se o valor calorífico do resíduo reconhecido pelo empresário, porém a quantidade, mesmo sendo grande, não é suficiente para exploração no mercado

Segundo Sant’anna et al (2012) existem várias vantagens da utilização do briquete, dados que seguem representados na tabela abaixo.

**Tabela 7 – Vantagem dos briquetes de pó de serra**

<b>Menor custo direto e indireto;</b>
<b>Reduz o impacto negativo sobre as florestas nativas para a retirada da lenha;</b>
<b>Menor Mão de obra no manuseio</b>
<b>Poder ser usados em caldeiras, lareiras, padarias, pizzarias, cerâmicas e outros</b>
<b>São produzidos em tamanhos padrões</b>
<b>Uma tonelada de briquete substitui de 6 a 8 m<sup>3</sup> de lenha</b>
<b>Poder calorífico de 2.5 vezes maior do que a lenha comum</b>
<b>Espaço de armazenamento reduzido</b>
<b>É liberado pelo IBAMA, dispensando licença</b>
<b>Produto 100% reciclado</b>
<b>Produto disponível o ano inteiro</b>
<b>Menor índice de poluição.</b>

Fonte: Sant'anna et al (2012).

Podemos citar que existem mais madeireiras e secadores na região, e também poderiam aproveitar as podas de arvores as quais a prefeitura faz, dado não quantificado por motivo de inconstância.

Ravaglia (1967) aponta que o rendimento energético do resíduo agroindustrial em seu estado natural está diretamente ligado às correções feitas por meio de processos de industrialização em que a densidade, alta umidade e baixo poder calorífico tornam-se fatores preponderantes no quesito melhora do rendimento energético.

JuniorZukowski et al. (2014, p. 7) relatam que:os briquetes apresentam densidade muito maior, tamanho menor e, portanto, grande compactação, necessitando-se de alguns ajustes no sistema. Para tanto foi instalada na caldeira uma grelha adicional que manteve os briquetes afastados da entrada de ar. Este procedimento melhorou a queima e diminuiu a quantidade de carvão no recolhedor de cinzas. O briquete mostrou-se muito mais eficiente do ponto de vista calorífico, pois queimando lenha a caldeira consome 90kg/h e queimando briquetes consome 80kg/h.

A compactação da biomassa é uma forma de aumentar o seu rendimento energético, como exemplo de aumento de poder calorífico temos 2500Kcal/Kg para a lenha e 4800 Kcal/kg para os briquetes (RODRIGUES et al. 2012).

A biomassa em seus processos de conversão em energia direta pode resultar em outras formas de energia como o calor, energia elétrica, biocombustíveis sólidos (briquetes e péletes) líquidos (etanol e biodiesel), ou gasosos como o biogás e o gás de síntese. Os processos tecnológicos empregados à biomassa, vão ditar quais atividades humanas poderão ser sanadas em função do tipo da modalidade de energia que ela necessite, seja ela térmica, mecânica, elétrica ou até mesmo outras modalidades (SAWIN et al., 2012).

O IBGE (2014) aponta que a cidade de Santa Rosa, no interior do Estado do Tocantins produziu 1340 toneladas de arroz em casca abrangendo uma área de plantação de 670 hectares e a mesma área em colheita. Os dados estatísticos do estado tocantinense demonstram um crescimento significativo quando comparado os anos de 2007 e 2014 das variedades e quantidades da produção agrícola que geram resíduos em potencial capazes de se tornar briquetes, principalmente no município de Porto Nacional e Paraiso do Tocantins.

Quanto ao mercado consumidor, verificou-se que diversos setores da economia do município utilizam combustível sólido como principal fonte energética, podendo-se destacar: as pizzarias e setor de cerâmica estrutural. O poder calorífico encontrado para os materiais estudados se apresentaram bastante relevantes, assim como nos briquetes por eles constituídos, onde, por meio da compactação e aumento da temperatura, ocorre a “plastificação” e conseqüente aumento do poder calorífico. O poder calorífico dos briquetes pode atingir valores superiores em até três vezes o dos combustíveis normalmente empregados, como a lenha nativa proveniente da região em questão.

Para efeito de comparação, verificou-se na literatura que o pó de serra apresenta PCS de, aproximadamente, 4.880 Kcal/kg, e o resíduo de poda 3.500 Kcal/kg. Estes valores de PCS são considerados elevados, motivo pelo qual, biomassas como o resíduo de poda e o pó de serra, vêm cada vez mais substituindo a lenha como fonte de energia alternativa. Além do aumento do potencial energético, os briquetes proporcionam maior facilidade e vantagem no que tange a transporte, manuseio e estocagem.

Vantagens como estas favorecem o uso destes combustíveis em empreendimentos com espaço mais restrito, como pizzarias e panificadoras. Paralelamente, indústrias, como as do setor ceramista, que requisitam de grandes quantidades de combustíveis para queima em seus fornos, são favorecidas pela diminuição do custeio com transporte, seja pelo menor volume ocupado pelos briquetes nos caminhões transportadores ou pela localização da usina de briquetagem em suas próprias instalações.

Com relação ao mercado consumidor de combustíveis (lenha) para queima no município de Porto Nacional -TO, segundo dados fornecidos pelas federações das indústrias e comércio do referido estado em 2013, encontrou-se principalmente indústrias de cerâmica estrutural (três empreendimentos) e pizzarias (seis estabelecimentos). Demais estabelecimentos potencialmente consumidores, como panificadoras e algumas pizzarias, não se enquadram na classe por possuírem, em substituição aos fornos à lenha, o uso de fornos movidos a GLP (gás de cozinha).

A quantidade de empreendimentos consumidores reflete a quantidade de lenha consumida, com o agravante de grande parte ter origem nativa e ilegal, além de confirmar a viabilidade da produção e uso de briquetes, evitando situações como a anteriormente descrita.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aliado à demanda do mercado consumidor do município está à presença de empreendimentos geradores de resíduos de madeira (serragem), os quais são usados como matéria prima na produção de briquetes. Obtém-se matéria prima, também, da geração de resíduos de poda, a qual é realizada pela prefeitura, tendo como destino final o aterro da cidade. Com o fechamento do ciclo de matéria prima e demanda de consumo, prova-se a viabilidade da produção de briquetes na região de Porto Nacional. Com isso, é possível obter um destino nobre para materiais antes considerados inutilizáveis.

Partindo do conceito de que os briquetes são produtos obtidos por meio do aproveitamento de resíduos orgânicos, é importante destacar a possibilidade de utilização de outros tipos de resíduos, como: fino de carvão vegetal, bagaço de cana, casca de arroz, casca de coco, lixo urbano, entre outros. Esses tipos de resíduos, com exceção do bagaço de cana e da casca de arroz, podem ser encontrados facilmente no município de Porto Nacional-TO devido a sua característica agrícola.

Os resíduos não aproveitados no Tocantins tomam os mais diversos caminhos, dentre eles o da incineração e os aterros são exemplos clássicos, e tais caminhos os potencializam como possíveis fatores que venham a ocasionar impactos ambientais negativos. Os resíduos vegetais como a casca de arroz, palha do milho, bagaço do girassol, resíduos urbanos como papéis, parte dos polímeros, cascas vegetais e um modo geral podem originar energia limpa, quando reaproveitadas como biomassa e um dos resultados de tal reaproveitamento é produção de briquetes, resultando assim em fontes de energia reutilizável dentro de um ciclo sustentável.

## REFERENCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Resolução Normativa nº 482 de 17 abr. 2009** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 19 abr. 2009. Seção 1, p. 53.
- ALARU, M.; KUKKC, L.; OLTB, J.; MENINDB, A.; LAUKA, R.; VOLLMERA, E.; ASTOVERC, A. Lignin content and briquette quality of different fibre hemp plant types and energy sunflower. **Field Crops Research**. Vol. 124, pp. 332–339, 2011.
- ANTUNES, R.C. **Briquetagem de carvão vegetal**. Produção e Utilização de Carvão Vegetal Belo Horizonte. CETEC Outubro, 1982.
- ARIAS, B.; PEVIDA, C.; FERMOSE, J.; PLAZA, M.G.; RUBIERA, F.; PIS, J.J. Influence of torrefaction on the grindability and reactivity of woody biomass. **Fuel Processing Technology**. vol. 89, pp. 169-175, 2009
- BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2012, **Balanço Energético Nacional 2012 – Ano base 2011**: Resultados Preliminares. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2012, 51p.
- BATIDZIRAI, B.; MIGNOT, A.P.R.; SCHAKEL, W.B.; JUNGINGER, H.M.; FAAIJ, A.P.C. Biomass torrefaction technology: Techno-economic status and future Prospects. **Energy**. Vol. 62, pp. 196-214, 2013.
- BEZZON, G. & IVENGO, C. A. - Carvão vegetal derivado de resíduos agroflorestais: uma alternativa energética. **Grupo combustíveis alternativos**, São Paulo, 2009.
- BIOMACHINE. **Briquetes** 2006. Disponível em: <<http://www.biomachine.com.br>>. Acesso em: 04 jul. 2016.
- BIOMAX **INDUSTRIA DE MAQUINAS LTDA.** (2016) – Disponível em: <<http://www.biomaxind.com.br/site/br/processo-de-briquetagem/poder-calorifico.html>> Acesso em: 15 fev. 2016
- BLEY JUNIOR., Cícero et al. **Projeto da biomassa residual – Agroenergia da biomassa residual**: perspectivas socioeconômicas, ambientais e energéticas), 2009.
- BRAND, Martha Andreia. **Fontes de biomassa para geração de energia**. Universidade do Planalto Catarinense, 2006.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano Nacional de Agroenergia**. 2ª ed. rev. Brasília, DF: Embrapa, 2009. 110p
- BRIDGEMAN, T.G.; JONES, J.M.; SHIELD, I.; WILLIAMS, P.T. Torrefaction of reed canary grass, wheat straw and willow to enhance solid fuel qualities and combustion properties. **Fuel**. Vol. 87, pp. 844–856, 2009.

BROSCH, C.D.; FURUNO, J.K. **Aproveitamento dos finos de carvão vegetal: divisão de metalurgia do IPT: contribuição técnica número 748.** In: CONGRESSO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METALURGIA E MATERIAIS, 22., 1968, Vitória. Anais... Vitória: ABM, 1968. p.2.

BURATTINI, M. Paula. T. de Castro. **Energia.:** uma abordagem multidisciplinar. São Paulo: Editora Livraria de Física, 2008.

CAPOTE, F. G. **Caracterização e classificação de coprodutos compactados da biomassa para fins energéticos.** 71 f. Dissertação (Mestre em Bioenergia). Programa de Pós-graduação Interinstitucional em Bioenergia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2012.

CHEW, J.J.; DOSHI, V. Recent advances in biomass pretreatment-Torrefaction fundamentals and technology. **Renewable and Sustainable Energy Reviews.** Vol. 15, pp. 4212–4222, 2011.

COUTO, L.; FONSECA, E. M.B.; MULLER, M.D. et al. **O Estado da arte das plantações de florestas de rápido crescimento para produção de biomassa para energia em Minas Gerais:** aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais. Belo Horizonte: CEMIG, 2009. 44p

CHEN, D.; ZHENG, Y.; ZHU, X. Determination of effective moisture diffusivity and drying kinetics for poplar sawdust by thermogravimetric analysis under isothermal condition. **Bioresource Technology.** Vol. 107, 451–455, 2009

CHIES, V. **Possibilidades de uso da biomassa para produção de biocombustíveis na Biotech 2012,** EMBRAPA, 2012,

CHRISOSTOMO, W. **Compactação de Resíduos Ligno-celulósicos para Utilização Como Combustível Sólido.** Disponível em: < SIEF – Semana Internacional das Engenharias da FAHOR [http://net/Material\\_%20Palestras/Palestra\\_Walbert%20Chrisostomo.pdf](http://net/Material_%20Palestras/Palestra_Walbert%20Chrisostomo.pdf) > Acesso em: 31 Mar 2016.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O et. al. **Biomassa para energia.** 734p. Campinas, SP: Editora Unicamp, 2008.

CRUZ, F.M. et al. **Propriedades de briquetes fabricados com finos de carvão de Eucalyptus sp. e Schizolobiumamazonicum (Paricá).** 2009. 50f. Monografia (Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

EDENHOFER, O.; PICHS-MADRUGA, R.; SOKONA, Y.; SEYBOTH, K.; MATSCHOSS, P.; KADNER, S.; ZWICKEL, T.; EICKEMEIER, P.; HANSEN, G.; SCHLOEMER, S.; VON STECHOW, C. (ED.). **Renewable energy sources and climate change mitigation: special report of the intergovernmental panel on climate change.** Nova York: Cambridge University Press, 2012. 1076 p.

EROL, M.; HAYKIRI-ACMA, H.; KUCUKBAYRAK, S. Calorific value estimation of biomass from their proximate analyses data. **Renewable Energy**, Vol. 35, pp. 170–173, 2010.

FILLIPETTO, D. **Briquetagem de resíduos vegetais**: Viabilidade técnico-econômica e potencial de mercado. Dissertação (Mestre em Planejamento de Sistemas Energéticos). Faculdade de Engenharia mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 61 f. 2009.

GENTIL, L., V., B. **Tecnologia e economia do briquete de madeira**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Publicação EFL TD. Departamento de Engenharia Florestal. Universidades de Brasília. Brasília. DF, 195p. 2008.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GILBERT, P.; RYU, C.; SHARIFI, V.; SWITHENBANK, J. Effect of process parameters on pelletisation of herbaceous crops. **Fuel**. Vol. 88, pp. 1491–1497, 2009.

GOLDEMBERG, José. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**. São Paulo: Edusp, 2009.

HUSAIN, Z.; ZAINAC, Z.; ABDULLAH, Z. Briquetting of palm Fibre and shell from the processing of palm nuts to palm oil. **Biomass and Bioenergy**. vol. 22, pp. 505 – 509, 2012.

IBGE. **Produção da extração vegetal e da silvicultura** 2014. Disponível em: . Acesso em: 20 jun 2016.

IEA – International Energy Agency, **World Energy Outlook, 2006**. OECD/IEA, Paris, 2006.

LIPPEL. **Transformando resíduos de biomassa em briquetes e pellets**. Disponível em: < <http://www.lippel.com.br/br/sustentabilidade/briquetagem-e-peletizacao#.VXdTps9Viko>> Acesso: 18 fev 2016.

MANALULA, F. e MEINCKEN, M. An evaluation of South African fuelwood with regards to calorific value and environmental impact. **Biomass and Bioenergy**, v. 33 n. 3 p. 415-420, Western Cape, South Africa, 2009.

MANI, S.; TABIL, L. G.; SOKHANSANJ, S. Specific energy requirement for compacting corn stover. **Bioresource Technology**. Vol 97, pp. 1420–1426, 2006.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional 2009**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 12/06/2016

NACBRIQUETES. **Briquetes**. 2010. Disponível em: <<http://www.nacbriquetes.com.br/qna.html>>. Acesso em: 8 jun. 2016.



NYER, B.; MATSUMURA, K. **Jatrophafuelbriquettes**.16p.Colorado: University of Colorado. 2011.

OLIVEIRA, J. M. da C. de; RAMALHO, P. C. **Avaliação do potencial energético de resíduos de biomassa Amazônica**. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, n. 4. 2009, Campinas. [Anais...]. [Campinas: s.n.], [2009?].

OLIVER, J. G. J.; JANSSENS-MAENHOUT, G.; PETERS, J. A. H. W. Trends in Global CO2 Emissions: 2012 report. Holanda: **PBL Netherlands Environmental Assessment Agency**, 2012

PARIKH, K. J. B.; PARK, K. J.; ALONSO, L. F. T.; CORNEJO, F. E. P.; FABBRO, I. M. D. Secagem: Fundamentos e equações. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. Campina Grande, v.16, n.1, pp.93-127, 2013.

PROJETO CAATINGA VIVA, **Produção de Briquetes.2015** Disponível em: <<http://www.projetocaatingaviva.com.br/index.php/o-projeto/producao-de-briquetes> > Acesso: 01 mar 2016.

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, **Colombo**, v. 31, n. 68, p. 273-283, 2012.

QUIRINO, W. F.; BRITO, J. O. **Características e índice de combustão de briquetes de carvão vegetal**. Brasília: IBAMA, LPF, 2011, 18p. (série técnica 13)

QUIRINO, W. F. Densificação de resíduos da biomassa. In: Workshop - Madeira Energética: Principais questões envolvidas na organização e no aperfeiçoamento do uso Campo Grande, 25 a 28 de julho de 2009, **Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural energético da lenha**. 2011. Disponível em: <<http://www.inee.org.br/down.../1115WaldirQuirino%20IBAMA.ppt>> Acesso em: 10/01/2016

QUIRINO, W. F.; VALE, A. T.; ANDRADE, A. P. A.; ABREU, V. L. S.; AZEVEDO, A. C. S. Poder calorífico da madeira e de materiais lignocelulósicos. **Revista da Madeira**, Curitiba, n. 89, p. 100-106, 2013.

RAMOS E PAULA, L. E; TRUGILHO, P. F.; NAPOLI, A.; BIANCHI, M. L. Characterization of residues from plant biomass for use in energy generation. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 2, p. 237-246, 2011.

RENDEIRO, G. e NOGUEIRA, M. **Combustão e Gaseificação de Biomassa Sólida: Soluções energéticas para a Amazônia**. 192p. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2009.

RODRIGUES, Tiago O. et al. Avaliação dos impactos ambientais da produção de biooleo a partir de serragem no Estado do Pará. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.17, n.17, p.3306-3317, 2012.

ROSILLO-CALLE, F.; BAJAY, S. V.; ROTHMAN, H. et al. **Uso da biomassa para produção de energia na indústria brasileira.** Campinas, SP: Editora Unicamp, 2013, 448p. Tradução de: Industrial uses of biomass energy: the example of Brazil

SAWIN, J. L.; BHATTACHARYA, S. C.; GALÀN, E. M.; MCCRONE, A.; MOOMAW, W. R.; SONNTAG-O'BRIEN, V.; SVERRISSON, F.; CHAWLA, K.; MUSOLINO, E.; SKEEN, J.; MARTINOT, E. Renewables 2012 **Global Status Report**. Paris: REN21, 2012

SANT'ANNA, Mikele Candida Souza et al.. Monitoramento da Tecnologias d Briqueletes Através da Análise de Pedidos de Patente. **Geintec**, São Cristóvão – SE, Vol .2/n. 2/ p. 100-107, 2012.

SILBERSTEIN, E. **UnB mapeia matérias primas para a fabricação de briquetes.** UnB Ciência, 19 dez. 2011

SILVEIRA, Mônica Silva. **Aproveitamento das Cascas de Coco Verde Para Produção de Briquelete em Salvador. 2008.** 164 f. Dissertação (Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo – Ênfase em Produção Limpa) - Universidade Federal da Bahia - Salvador - BA

SRIVASTA, N.S.L.; NARNAWARE, S.L.; MAKWANA, J.P.; SINGH, S.N.; VAHORA, S. Investigating the energy use of vegetable market waste by briquetting. **Renewable Energy**. Vol. 68, pp. 270-275, 2014.

SVEBIO, J. P. **A Filha da matéria prima, STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos.** Piracicaba, v.21, n. 2 p. 12, 2009.

VASSILEV, S. V.; BAXTER, D.; ANDERSEN, L. K.; VASSILEVA, C. G. An overview of the chemical composition of biomass. **Fuel**. vol. 89, pp. 913–933, 2010.

YAMAN, S.; AHAN, M. S.; HAYKIRI-ACMA, K. S.; KUCUKBAYRAK, S. Production of fuel briquettes from olive refuse and paper mill waste. **Fuel Processing Technology**. Vol. 68, pp. 23–31, 2010.

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 - 15, 2013.

ZUKOWSKI JUNIOR, J. C. **Cogeração Com Pequenas Centrais Termelétrica Utilizando Briquetes de Casca de Arroz: Alternativa a Crise de Energia Elétrica.** In: III Jornada de Iniciação Científica do Centro Universitário Luterano de Palmas, 2014, Palmas. Anais do III congresso científico de Palmas. Palmas: CEULP, 2014. v. 1. p. 1-2.