



## **ANÁLISE DO CUSTO DE FABRICAÇÃO DE BRIQUETES DE BIOMASSA FLORESTAL NA INDUSTRIA DE BEBIDAS**

**Bibiana Porto da Silva**<sup>1</sup>

**Ana Cristina Ruoso**<sup>2</sup>

**Nattan Roberto Caetano**<sup>3</sup>

**RESUMO:** O presente trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade dos briquetes e o consumo de energia necessário para o funcionamento da briquetadeira utilizando resíduos florestais. Os briquetes foram produzidos utilizando duas classes de resíduos florestais classificadas como: cavacos e lascas de *Eucalyptus* spp. (classe E), e cascas de *Pinus taeda* (classe P), provenientes de indústrias de papel e celulose. A qualidade foi analisada tendo como referência as seguintes propriedades: teor de umidade, densidade a granel, poder calorífico, densidade aparente e energética dos briquetes. O consumo de energia foi estudado realizando medidas de potência ativa, reativa e fator de potência em função do tempo, sendo que a potência ativa em função do tempo é que efetivamente produz trabalho. O consumo energético para a fabricação dos briquetes foi estimado em: cavacos e lascas de *Eucalyptus* spp. foi de 523,46 kWh/ton e para o resíduo de casca de *Pinus taeda* de 860,00 kWh/ton. O briquete classe P produz um trabalho maior pelo fato de apresentar maior volume.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biomassa Florestal. Briquetes. Energia Renovável.

---

<sup>1</sup> Mestre em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/Brasil. E-mail: bibiana.ea@gmail.com.

<sup>2</sup> Graduanda em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/Brasil. E-mail: anacristinaruoso@mail.ufsm.br.

<sup>3</sup> Doutor em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/Brasil. E-mail: nattan.

# 1. INTRODUÇÃO

A exploração dos recursos naturais, a poluição da atmosfera e a degradação do solo tomaram maior proporção a partir do início do século XX, causando de forma desenfreada sérios danos ao planeta Terra. Fontes de energia consideradas tradicionais, como o petróleo e o carvão, são recursos finitos. Outras fontes, como a energia nuclear, nos alerta ao perigo de seus resíduos. A abusiva extração e uso destas fontes traçam uma trajetória de declínio sendo uma ameaça ao meio ambiente (DEVES; FRANCIOSI, 2007).

A preocupação em relação à sustentabilidade e a geração de energia abrange os mais diversos setores de produção do Brasil. O crescimento da população e o aumento da produção dos mais diversos produtos do mercado demandam principalmente a geração de energia. Diversos países que buscam desenvolvimento contínuo e aqueles que já alcançaram esta meta, utilizam fontes de energias renováveis, com o intuito de colaborar para o menor impacto ambiental e melhorar a qualidade de vida (FOELKEL, 2016).

Mesmo com alguns pontos negativos, a madeira destinada para fins energéticos é competitiva com relação às demais fontes, por ser uma fonte renovável. Tendo em vista que o processo de crescimento tem a capacidade de absorver o dióxido de carbono presente no ambiente e utilizá-lo para compor sua estrutura, convertendo o CO<sub>2</sub> em compostos orgânicos. Sendo assim, o dióxido de carbono seja esse originado de combustíveis fósseis ou produzido pela queima da lenha é absorvido pelas plantas para seu desenvolvimento e assim o ciclo do carbono é repetido (SILVA, 2009, p. 129).

Os resíduos florestais, apesar de serem mais difíceis de se coletar, não devem ser desprezados, pois eles poderão contribuir quando os resíduos industriais não forem suficientes para satisfazer às necessidades energéticas ou poderão diversificar as fontes de renda da empresa, por meio da venda do excedente energético (MIGLIORINI, 1980).

A indústria de base florestal, como um todo, tem por característica a geração de um grande volume de resíduos ao longo do processo produtivo. O setor madeireiro apresenta um grande potencial para o aproveitamento de resíduos, já que as perdas são inerentes ao processo produtivo, representando 40 a 70% do volume da matéria prima. Estes resíduos são provenientes da colheita e do beneficiamento da madeira e por muito tempo, não tiveram destinação adequada (BOUNDELLE; CHIES; MARTINS, 2002).

De acordo com Soares et al. (2006), as indústrias de papel e celulose, por exemplo, apresentam interessantes perspectivas para a produção combinada de energia elétrica e calor útil, tendo em vista suas relações de demanda de eletricidade e vapor de baixa/média pressão e a disponibilidade de combustíveis residuais de processo, como o licor negro e as cascas e resíduos de biomassa.

O briquete é o nome dado às partículas de madeira que passaram pelo processo de briquetagem essa é uma opção para minimizar os problemas sofridos pelo ambiente causado pelo acelerado crescimento das atividades humanas. Esse método consiste na aplicação de pressão em uma massa de partículas dispersas com objetivo de transformá-las em um sólido compacto de alta densidade (LEANDRO, 2011).

Segundo Paula (2010), os briquetes podem substituir a lenha em sua totalidade e dar um destino viável econômica e ambientalmente aos resíduos. Além de possuírem formato regular e constituição homogênea, o que resulta em queima uniforme do material, ser de fácil manuseio e transporte, de baixa umidade e por possuir maior densidade.

Dentro deste contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o consumo de energético da briquetadeira utilizando resíduos florestais de *Eucalyptus* spp. (cavacos e lascas de madeira) e *Pinus taeda* (cascas), provenientes de indústrias de papel e celulose, para produção de briquetes por meio da briquetagem, e além disso, avaliar a qualidade dos briquetes tendo como

referência as seguintes propriedades: teor de umidade, densidade a granel, poder calorífico, densidade aparente e energética dos briquetes, potência ativa reativa e fator de potência.

## 2. METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Produtos Florestais do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria. Os resíduos de biomassa florestal foram obtidos de indústrias de papel e celulose e separados em duas classes de acordo com suas espécies, local de coleta e composição, conforme apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1** - Princípios Lean

Classe	Espécie	Local de coleta	Composição
E	Eucalyptus spp	Área Industrial	Cavacos + lascas de madeira
P	Pinus taeda	Pátio de madeira	Cascas

Fonte: Elaborado pelos autores

As amostras foram classificadas e deixadas ao ar livre para sacanagem até atingir teor de umidade de equilíbrio. O teor de umidade das partículas foi determinado conforme a norma TAPPI ( T 210 cm-93). O teor de umidade foi determinado a partir da equação (1),

$$T.U. (\%) = [(P_1 - P_2)/P_1] \times 100 \quad \text{Eq. (1)}$$

onde T.U. é a percentagem de umidade, P1 é o peso da amostra seca ao ar (peso inicial da amostra) e P2 é o peso da amostra seca em estufa.

Para a determinação da densidade à granel do material (resíduos florestais) empregado na fabricação dos briquetes, utilizou-se um recipiente de capacidade conhecida, neste caso um Becker de 50 mL, onde foi colocada a amostra até a marca dos 10 mL. Após obter-se o peso da amostra, calculou-se a densidade à granel pelo peso obtido no volume conhecido, ou seja, 10mL corresponde a 10cm<sup>3</sup>.

Parte dos resíduos florestais triturados no moinho foi classificada para as análises químicas. Nesse caso, utilizou-se as partículas que passaram pela peneira 40 mesh, ficando retidas em peneira de 60 mesh, conforme a norma TAPPI T204 cm-97 (1997).

Os briquetes foram produzidos em briquetadeira modelo LIPPEL LB-32, sob parâmetros de fabricação pré-definidos após testes preliminares com pressão de 100 bar, temperatura de 120 +/- 5 °C, tempo de compactação e de resfriamento de 3 e 6 minutos respectivamente. Foram produzidos 10 briquetes de cada classe de resíduos (E e P). Após o equipamento alcançar e estabilizar a pressão e temperatura desejadas, adotou-se o seguinte procedimento: foi colocado em um recipiente aproximadamente 74,5 g de resíduo e, com o auxílio de um funil, o material foi depositado dentro da cápsula de compactação do equipamento, tomando-se o cuidado da retirada de ar utilizando-se um bastão de vidro.

A densidade aparente (DA, g/cm<sup>3</sup>) dos briquetes foi determinada pelo método estereométrico, ou seja, pela relação da massa/volume em um dado teor de umidade. As medições do diâmetro dos briquetes foram realizadas em três pontos (base, meio e topo) utilizando um paquímetro

digital com precisão de 10-3 mm. A massa do briquete foi determinada por meio de uma balança analítica com precisão de 10-2 g.

As amostras de resíduos florestais moídas e classificadas em peneiras de 60 mesh foram colocadas em estufa a 105± 5 °C por 48 horas (até atingirem peso constante) para retirada total da umidade, afim de analisar o poder calorífico superior (PCS). Em seguida, pesou-se 0,5 g de amostra completamente seca em um cadinho metálico e posteriormente o cadinho foi colocado em bomba adiabática modelo IKA C5000.

A densidade energética do briquetes foi calculada por meio do produto do poder calorífico útil (PCU) e da densidade aparente (DA), conforme a equação (2),

$$DE = (PCU \times DA) / 1000 \quad \text{Eq. (2)}$$

onde DE é a densidade energética expressa em Mcal/m<sup>3</sup>, PCU é Poder Calorífico Útil expresso em kcal/g e DA é Densidade Aparente expressa em g/cm<sup>3</sup>. O poder calorífico útil foi obtido a partir dos valores do poder calorífico inferior (PCI), empregando a equação (3) e equação (4),

$$PCI = PCS (1 - \text{Tub.u.}) - (600 \cdot \text{Tub.u.}) \quad \text{Eq. (3)}$$

$$PCU = PCI [(100 - \text{Tub.u.}) / 100] - 6H \quad \text{Eq. (4)}$$

onde PCI é o Poder Calorífico Inferior, PCS é o Poder Calorífico Superior, PCU é o Poder Calorífico Útil, expressos em kcal/m<sup>3</sup>. A grandeza T<sub>U</sub>.u. é o Teor de Umidade Base Úmida da Amostra, H é o Teor de Hidrogênio (% em base seca), para o qual foi considerado 6% de hidrogênio para todos as classes de resíduo.

A potência ativa, reativa e o fator de potência necessários para que fossem fabricados os briquetes foram medidos pelo equipamento ET-5060C / ET-5060 - Power Quality Analyzer da marca Minipalnsdústria e comércio Ltda.

O trabalho realizado pelos equipamentos foi adquirido a partir do cálculo da integral da potência/ ativa instantânea (W) durante o intervalo de tempo de funcionamento. Sendo assim, a energia absorvida por uma componente calculada segundo a equação (5), onde t<sub>1</sub> é o tempo no instante 1, t<sub>2</sub> é o tempo no instante 2, p(t) é a potência ativa no tempo t

$$W = \int_{t_1}^{t_2} p(t) dt \quad \text{Eq. (5)}$$

onde t<sub>1</sub> é o tempo no instante 1, t<sub>2</sub> é o tempo no instante 2, p(t) é a potência ativa no tempo t. O consumo energético foi calculado para 1 tonelada de briquetes, de acordo com a equação (6),

$$E = \frac{W \cdot 10^6}{m}$$

onde E é o consumo energético expresso em kWh/ton, m é a massa do briquete expressa em g.

A potência ativa (W), que efetivamente realiza trabalho e a potência reativa é utilizada apenas

para criar e manter os campos eletromagnéticos das cargas indutivas. O fator de potência (FP) é a razão entre a potência ativa e a potência reativa. Indicando a eficiência do uso da energia eficiência (IRWIN, 2004), segundo a equação (7),

$$\text{FP} = \cos \left( \text{arc tg} \frac{\text{PA}}{\text{PR}} \right) \quad \text{Eq. (7)}$$

alto fator de potência indica uma alta eficiência.

Os fluídos sintéticos também denominados emulsões químicas formadas por pequena quantidade de óleo emulsificador em água e produtos químicos dissolvidos. No sistema MQL mistura-se ar e óleo e, apesar de não possuir alta capacidade de refrigeração do processo, muitas vezes tem alta capacidade de lubrificação da região de corte (MARCONDEZ, COPPINI, 2013).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos neste estudo, a saber: avaliação da qualidade dos briquetes e o consumo de energia necessário para o funcionamento da briquetadeira utilizando resíduos florestais. Esses resultados produziram informações importantes para a tomada de decisão quanto a viabilidade da produção de briquetes.

#### 3.1 TEOR DE ÚMIDADE

As umidades dos resíduos florestais foram de 10,29% e 12,72%, respectivamente para a classe E e P. Recomenda-se, para a fabricação de briquetes, que o teor de umidade do material, esteja entre 8 e 15%, sendo assim, os valores obtidos para os resíduos estudados estão de acordo com o recomendado na literatura (PAULA, 2010).

#### 3.2 DENSIDADE A GRANEL

Na Tabela 2 estão apresentados os valores médios da densidade a granel dos resíduos florestais empregados para a fabricação dos briquetes.

**Tabela 2** - Valores médios da densidade a granel dos resíduos, empregados para a fabricação dos briquetes.

Classe	Densidade a granel (kg/m <sup>3</sup> )
E	375
P	364

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os valores encontrados para a densidade a granel (Tabela 2) entre as classes foram próximos, sendo essa uma diferença de 3,02%, porém o resíduo florestal do gênero *Eucalyptus* resultou

no maior valor, o que já é esperado por se tratar de espécies florestais com madeira de maior densidade quando comparada a espécies do gênero *Pinus* (SILVA, 2007).

### 3.3 PODER CALORIFICO

Os valores médios de poder calorífico superior (PCS) foram de 4363,95 kcal/kg e 4631,94 kcal/kg, respectivamente para as classes E a classe P. Conforme apresentado, a classe P apresenta o PCS 5,78% superior, o que já era esperado por se tratar de resíduos do gênero *Pinus*. Segundo Quirino et al. (2005) e Jara (1989), o poder calorífico superior da madeira, além da umidade, é influenciado pela constituição química da madeira, principalmente a lignina e extrativos e o gênero *Pinus* apresenta um conteúdo de resinas e lignina superior ao *Eucalyptus* e conseqüentemente um maior poder calorífico superior.

### 3.4 DENSIDADE APARENTE E ENERGÉTICA DOS BRIQUETES

Na Tabela 3 estão apresentados os valores médios das densidades aparente, energética dos briquetes produzidos pelas diferentes classes de resíduos florestais.

**Tabela 3** - Valores médios das densidades aparentes, energética e estabilizada dos briquetes produzidos.

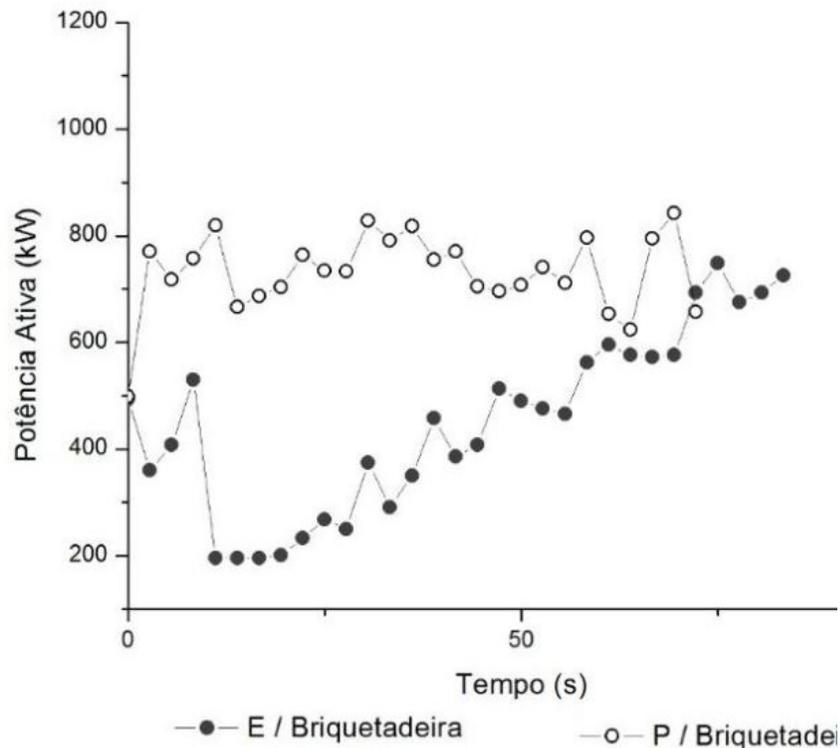
Class e	Densidade aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Densidade energética (Mcal/m <sup>3</sup> )
E	1075,04	3899,20
P	1226,87	4644,70

Na Tabela 3, os briquetes mais densos foram obtidos com resíduos florestais dos tratamentos que utilizaram os resíduos da Classe P, possivelmente pela melhor compactação promovida por esse material. Os briquetes produzidos com classe de resíduos P, apresentam os melhores resultados para densidade energética, o que pode ser atribuído ao maior teor de lignina e conseqüentemente ao alto teor de carbono fixo nesse resíduo. As densidades aparentes dos briquetes obtidas nesse estudo apresentaram resultados dentro da margem de 1000 kg/m<sup>3</sup> a 1300 kg/m<sup>3</sup> estipulada pelo Banco de Dados de Biomassa do Brasil.

### 3.5 POTÊNCIA ATIVA, REATIVA E FATOR DE POTÊNCIA

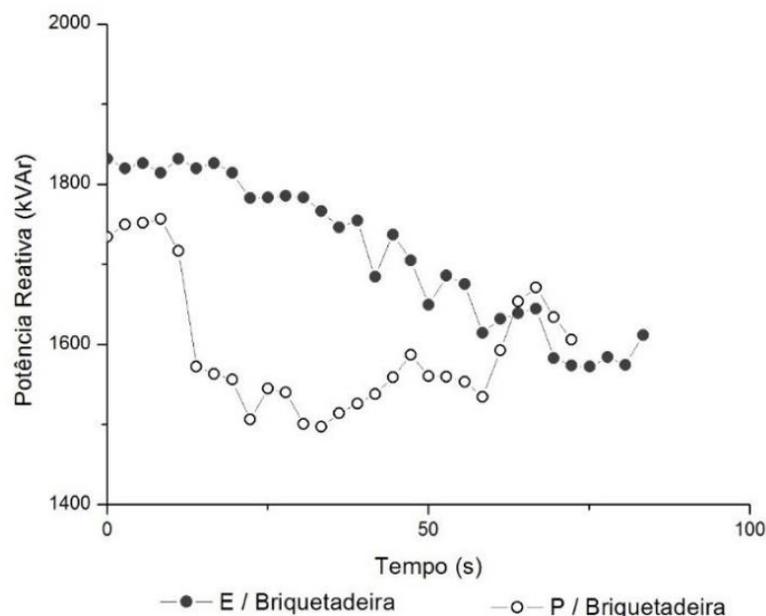
Na Figura 1 estão apresentados os valores encontrados para a potência ativa da briquetadeira e para as diferentes classes de resíduos utilizadas na fabricação do briquete.

**Figura 1:** Comparação entre as classes E e P, considerando-se o a potência ativa.



Na classe E a potência ativa foi inicialmente de 493,15 kW tendo um crescimento até 724,86kW no tempo de 80s. A classe P, inicialmente com 498,311 kW teve um crescimento de até 657,31 kW em 70 s. Esses resultados podem ser explicados devido a maior densidade das madeiras de folhosas do gênero *Eucalyptus*, quando comparadas as madeiras de coníferas do gênero *Pinus*.

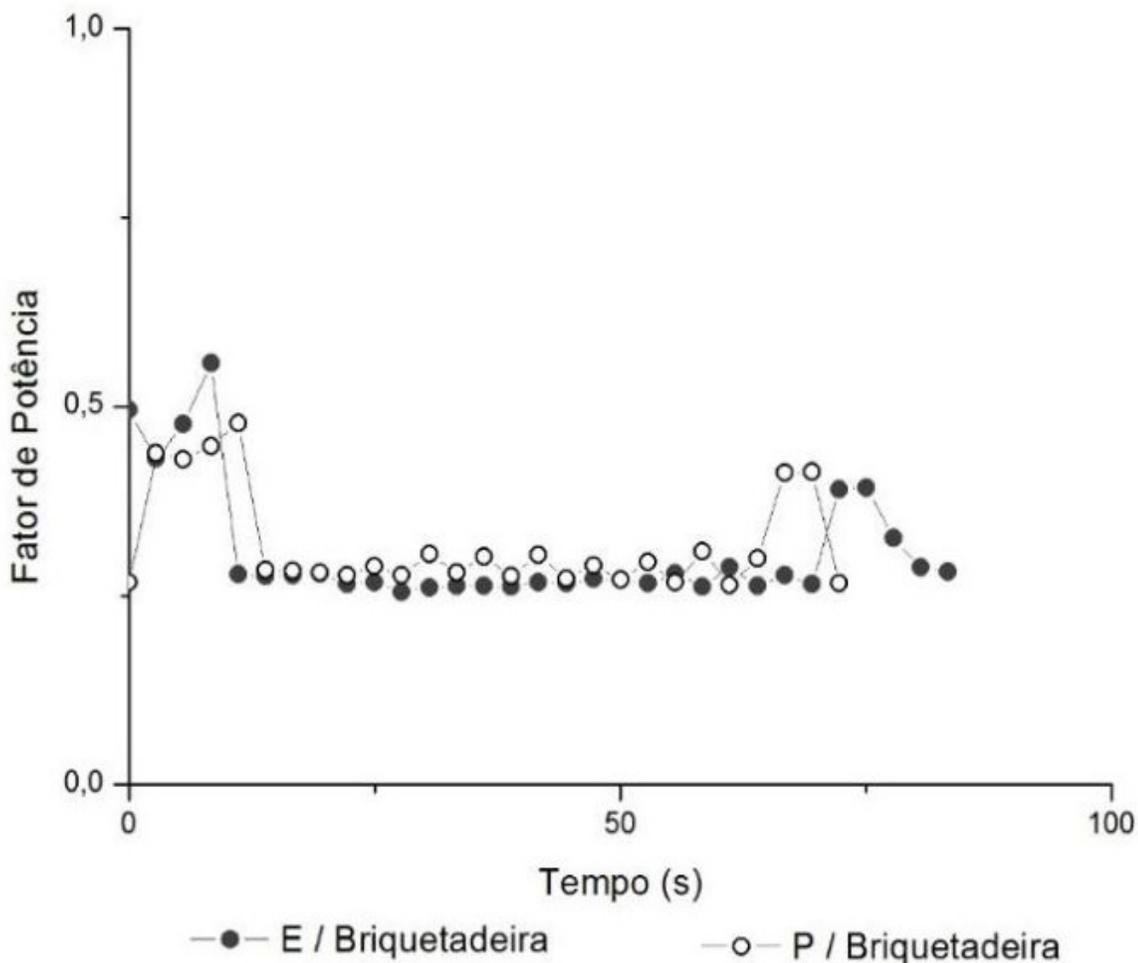
A Figura 2 estão apresentados os valores da potência reativa em função do tempo no processo de briquetagem, para as classes de resíduos utilizadas na fabricação de um briquetes.



O consumo de potência reativa na etapa de formação do briquete para a classe E é inicialmente 1831,64 kVAr decaindo até 1482,46 kVAr no tempo de 80s. Segundo Mertens Júnior (2008), equipamentos que utilizam motor elétrico e resistência elétrica, apresentam valores superiores de potência reativa.

Os valores apresentados na potência ativa (Figura 1) e potência reativa (Figura 2), foram utilizados para obter o fator de potência, que segundo o Decreto nº 479, de 20 de março de 1992, obriga manter o fator de potência o mais próximo possível da unidade (1,00), tanto pelas concessionárias quanto pelos consumidores. Na Figura 3 é apresentado o fator de potência calculado em função do tempo.

**Figura 3:** Comparação entre as classes E e P, considerando-se o fator de potência.



A classe de resíduo E e P no primeiro momento obteve valores próximos de 0,5 e logo após decaindo para valores próximos de 0,2 entre o tempo de 10s e 72s onde o valor torna a subir, porém desce novamente para valores próximos de 0,2. Os valores de fatores de potência são inferiores a 1,00 indicando que os transformadores podem estar operando vazios ou subcarregados durante longos períodos de tempo, além disso os motores operando em regime de baixo carregamento (SOMMERFELD JUNIOR; PETRY, 2012). Sendo assim, o fator de potência abaixo de 1 (um) indica que a energia está sendo mal aproveitada. Nesse caso, podem

ocorrer as seguintes situações como: aumento das perdas elétricas internas da instalação, queda de tensão na instalação, redução do aproveitamento da capacidade dos transformadores e condutores aquecidos (MERTENS JUNIOR, 2008).

O trabalho realizado pela briquetadeira para a produção de 1 briquete foi de 0,037 kWh para o gênero *Eucalyptus* e 0,055 kWh para o gênero *Pinus*. O consumo energético foi estimado para cada classe de resíduo, extrapolando os valores para a formação de 1 tonelada de briquetes, foi de 523,46 kWh/ton e de 860,00 kWh/ton, respectivamente para a classe E e classe P. Segundo Gentil (2008), o consumo de energia para fabricar uma tonelada de briquete foi de 435 kWh, sendo esse inferior ao encontrado nesse trabalho.

O consumo de energia para a produção dos briquetes nesse estudo foi superior ao encontrado na literatura, no entanto, pode ser reduzido em larga escala. A utilização de outra fonte de energia, como a proveniente da queima dos próprios briquetes na caldeira. Assim, os resultados obtidos neste trabalho indicam que a produção de briquetes utilizando resíduos florestais como matéria prima se mostrou viável. Visto que quando comparamos o briquete com o resíduo em forma de serragem, o briquete ocupa um espaço reduzido nos armazéns, proporcionado pela compactação dessa serragem. Além disso, o briquete ao passar pelo processo de fabricação é significativamente reduzido sua umidade facilitando a combustão.

## 4. CONCLUSÕES

Os resultados do presente trabalho identificam a viabilidade técnica e econômica do aproveitamento de resíduos florestais de *Eucalyptus* spp. e *Pinus taeda* (Casca) como matéria prima para produção de briquetes. A umidade da classe P foi superior a classe E em 19,10%. Os briquetes produzidos com os resíduos florestais da classe E (*Eucalyptus* spp.) resultaram valores 3,02% maiores valores de densidade a granel. A classe P (casca de *Pinus taeda*) resultou o poder calorífico superior (PCS), a densidade aparente e a densidade energética de 5,78%, 12,37% e 16,05%, respectivamente maiores que a classe E. O consumo de energia elétrica foi de 523,46 kWh/ton e de 860,00 kWh/ton, respectivamente para a classe E e classe P. No entanto, deve-se destacar que o presente estudo não considerou o consumo de energia utilizada nos trituradores para uniformizar a amostra.

Para trabalhos futuros, sugere-se calcular o consumo energético nos dois trituradores que foram utilizados para a uniformização das amostras. Além disso, calcular o custo de produção em função do consumo de energia elétrica para a fabricação.

Sendo assim, o estudo atingiu seus objetivos uma vez que apresentou o consumo de energia necessária para a produção dos briquetes e a análise da qualidade do briquete produzido.

## CHALLENGES OF LEAN 6 SIGMA IN BEVERAGE INDUSTRIES

**ABSTRACT:** The highly competitive scenario means that companies are looking for improvements in their products, services and production processes, in order to deliver to customer's products and prices that meet the needs within their expectations. The objective of the research is to present an alternative of reduction in the use of conventional refrigeration in machining processes. The present article presents a comparative study between conventional refrigeration and the use of the Minimum Quantity of Lubricants (MQL) system, its advantages, disadvantages and benefits as a way to reduce costs, improve part finishing, increase tool life, reduction in cost, time, transport and treatment of chips. For this, a bibliographic review was carried out, followed by a case study in a multinational of the automotive sector located in the interior of the State of São Paulo - Brazil. The survey showed that the implementation of MQL considerably improved results in Verband Der Automobilindustrie (VDA) audits, in quality of parts, processes, logistics and documents, as well as minimizing environmental impacts, thus ensuring new investments in the unit.

**KEYWORDS:** Efficiency. Costs. Sustainability.

Originals recebidos em: 06/12/2017  
Aceito para publicação em: 14/05/2018

## REFERÊNCIAS

BOUNDELLE, G. M.; CHIES, D.; MARTINS, D. G. O processo de fabricação de painéis compensados no Estado do Paraná analisado por meio dos rendimentos e dos resíduos gerados. In: congresso ibero-americano de pesquisa e desenvolvimento de produtos florestais, 2., 2002, Curitiba. Anais. Curitiba: UFPR, 2002. Disponível em: < <http://www.remade.com.br> > . Acesso em: 12 nov. 2016.

DEVES, R.; FRANCIOSI, N. A importância do aproveitamento dos resíduos de madeira como alternativa de energia renovável da Empresa briquetes Alto da Glória. 2007. Disponível em: < <http://sinop.unemat.br/projetos/ciclodopalestrasemcsa/historico/1/02.pdf> > . Acesso em: 15 de nov. 2016.

FOELKEL, C. E. B. Utilização da Biomassa do Eucalipto para Produção de Calor, Vapor e Eletricidade Parte 1: Biomassa Florestal & Florestas Energéticas. In: Eucalyptus Online Book & Newsletter, 2016.

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.

HART, Daniel W. Eletrônica de potência: análise e projetos de circuitos. Porto Alegre: Bookman. XVI, 478 p. 2012.

IRWIN, J. David. Análise de circuitos em engenharia. 4a ed. São Paulo: Makron Books do Brasil, 2004. 848 p.

JARA, E.R.P. O poder calorífico de algumas madeiras que ocorrem no Brasil. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 1989.

LEANDRO, M. R. Briquetagem Visando Utilização De Resíduos De Uma Serraria. Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Industrial Madeireiro, 37 p., 2011.

MERTENS JR, E. A. Análise e aplicação de compensação reativa em redes secundária de distribuição com cargas não lineares. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 169 f, 2008.

MFRURAL, O agronegócio passa por aqui. 2017. Disponível em: < <http://www.mfrural.com.br/detalhe/briquetes-e-pellets-de-madeira-pinus-eucalipto--129609.aspx> > . Acesso em: 16 de jul. de 2017.

MIGLIORINI, A. J. Desinfecção de biomassa florestal. Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.1, n.2, p.C.1 – C.9, Jul.1980.

PAULA, L. E. R. Produção e avaliação de briquetes de resíduos lignocelulósicos. Dissertação de mestrado (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2010.

QUIRINO, W. F. et al. Poder calorífico da madeira e de materiais lignocelulósicos. Revista da Madeira, n.89, p.100-106, 2005.

SILVA, M. T. C Análise do balanço entre sequestro e emissão de CO<sub>2</sub> resultante do circuito de produção e consumo de biomassa florestal numa central de co-geração. 129 p. Dissertação (Mestre em Bioenergia). Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2009.

SOARES, T. S.; CARNEIRO, A. C. O.; GONÇALVES, E. O.; LELLES, J. G. Uso da biomassa florestal na geração de energia. Revista científica eletrônica de engenharia florestal. Ano IV, n 08, agosto. de 2006.