

ANÁLISE DO POTENCIAL ENERGÉTICO DO MIX DE OURIÇO DE CASTANHA-DO-PARÁ E CAROÇO DE AÇAÍ PARA PROCESSOS DE TERMOCONVERSÃO

Heloiza Santos Borges¹

Leonardo Silva do Nascimento¹

Giovanna Barroso Cavalcanti Barata¹

Welle Kevin de Sousa Alfaia¹

Breno do Carmo Alexandrino¹

Marcelo José Raiol Souza²

Tecnologia Ambiental

Resumo

O crescente aumento de interesse na produção de energia elétrica proveniente de biomassa ganha destaque à medida que a geração de energia livre dos efeitos nocivos da queima de combustíveis fósseis torna-se cada vez mais pertinente para a sociedade, assim como a diminuição da produção de resíduos sem destinação final que se agrava a cada dia. A riqueza de matéria prima presente na região Norte, que exporta material para o restante do país, mostra seu grande potencial na busca de energia renovável. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o potencial energético da mistura dos insumos provenientes do ouriço da castanha-do-Pará (*Bertholletia excelsa* H.B.K) e caroço de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) através do processo de termoconversão. Diante dos dados obtidos, através de análise da matéria orgânica, observou-se que o poder calorífico superior (PCS) para o ouriço da castanha-do-Pará foi 20708,78 kJ/Kg e 20338,50 kJ/Kg para o caroço de açaí, enquanto o poder calorífico inferior (PCI) correspondeu a 19050,63 kJ/Kg e 17896,42 kJ/Kg para o ouriço e o caroço, respectivamente. Os resultados dos dados de entalpia de saída com a caldeira trabalhando em mínima eficiência (50%) apontam que o desempenho energético da castanha-do-Pará (3709,47 kJ/Kg) é maior do que o de caroço de açaí (3493,63 kJ/Kg). Entretanto, a formação de um mix entre os dois insumos mostra resultados satisfatórios quando pensado em contexto geral, uma vez que propõe uma solução economicamente viável e sustentável.

Palavras-chave: Eficiência Energética; Biomassa; Amazônia.

¹Alunos do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade do Estado do Pará, Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, santosheloiza@gmail.com

²Prof. Me. Universidade do Estado do Pará– Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, mraiol@yahoo.com.br



INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da humanidade está diretamente associado ao aumento do consumo energético e com o uso racional e controlado das diversas fontes de energia (SOARES et al., 2006). No Brasil, atualmente, o consumo de energia de fontes não renováveis é maior do que o de renováveis, apesar disso o Brasil é o país que utiliza mais fontes renováveis no mundo. Nesse sentido, observa-se que a matriz elétrica brasileira é ainda mais renovável do que a energética, isso porque grande parte da energia elétrica gerada no Brasil vem de usinas hidrelétricas (EPE, 2019).

Embora a maior parte da energia elétrica gerada no Brasil seja produzida em usinas hidrelétricas, a energia elétrica proveniente da queima de biomassa tem ganhado destaque no país, e, à medida que as consequências do aquecimento global se tornam mais evidentes, uma maior atenção a contribuição de biomassa na matriz energética mundial se faz necessária (GOLDEMBERG, 2017). Uma vez constatado a importância da biomassa como um recurso energético de grande valia em qualquer matriz, uma apresentação da mesma é mandatória. Então, pode-se definir a biomassa como qualquer matéria orgânica de origem vegetal ou animal com potencial para a produção de energia a partir de processos de combustão, excluindo-se quaisquer combustíveis de origem fóssil (OLIVEIRA et al., 2018).

Quando utilizada para fins energéticos, a biomassa é classificada em três categorias: biomassa energética florestal, seus produtos e subprodutos ou resíduos; biomassa energética agrícola, as culturas agroenergéticas e os resíduos e subprodutos das atividades agrícolas, agroindustriais e da produção animal; e resíduos urbanos, sobretudo poda e varrição (MORAES et al., 2017). Dentre as inúmeras vantagens da energia de biomassa citam-se seu baixo custo de aquisição, menos poluente em relação a queima de combustíveis fósseis e aproveitamento de resíduos industriais e urbanos que seriam descartados sem nenhum tipo de valoração (MACIEL, 2019).

De acordo com Nascimento (2012), a região amazônica apresenta uma grande diversidade de fontes renováveis naturais, principalmente resíduos de biomassa vegetais oriundos do beneficiamento de agroindústrias como, por exemplo, caroço de açaí, caroço

do fruto do tucumã, caroço de bacuri, ouriço de castanha-do-Pará, ouriço de sapucaia e casca de cupuaçu. O autor ainda ressalta que a maior parte desses resíduos é descartada no meio ambiente, devido sua pouca aplicação, basicamente voltada para o artesanato, porém destaca que os resíduos de biomassas vegetais podem ser reutilizados na produção de energia através de termoconversão.

O açáizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é nativo da Amazônia brasileira e o Estado do Pará é o principal centro de dispersão natural dessa palmácea. Do fruto do açáizeiro apenas 15% é polpa, sendo que 85% do peso do açaí corresponde ao caroço (EMBRAPA, 2005). O caroço do açaí pode ter várias utilidades, e vem se destacando devido seu potencial energético, isto é, como uma fonte de biomassa para gerar energia alternativa na região (PASSINHO et al., 2019).

A Castanha-do-Pará (*Bertholletia excelsa* H.B.K) é uma das espécies arbóreas de maior importância econômica na região amazônica, devido a mesma apresentar uma madeira de excelente qualidade, apesar de existirem proibições quanto ao seu corte. Seu fruto, popularmente chamado de ouriço, apresenta rigidez natural e caracteriza-se como resíduo de atividades extrativistas, sendo possível aproveitar o potencial desse resíduo como fonte de energia de biomassa (NOGUEIRA et al., 2018). Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar o potencial da mistura (mix) de caroço de açaí e ouriço da castanha-do-Pará como insumos energéticos em processos de termoconversão, mediante a caracterização das propriedades físicas, químicas e térmicas.

METODOLOGIA

Biomassas usadas no estudo

Neste trabalho foram utilizadas duas biomassas vegetais amazônicas: caroço de açaí (*Euterpe oleracea*) e ouriço de castanha-do-Pará (*Bertholletia excelsa*).

O ouriço da castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa*), também denominada castanha-do-brasil, pode ser utilizado como insumo energético no processo de termoconversão, uma vez que o ouriço, em si, configura em torno de 2/3 (dois terços) do peso total do fruto. Cada ouriço carrega cerca de 25 (vinte e cinco) castanhas, que perfazem 1/3 (um terço), aproximadamente, que são de fato aproveitados. O restante torna-se resíduo



lignocelulósico. Considerando que cada ouriço, incluindo o peso das castanhas, pese cerca de 2,4 kg, tem-se como resíduos um total de 1,4 kg, por unidade de ouriço, de resíduo sólido (LOBO, 2002).

O caroço de açaí (*Euterpe oleracea*), por sua vez, tem um aproveitamento ainda menor. De acordo com estudos realizados (COSTA, 2018), apenas 15% do fruto do açaí é polpa e, portanto, 85% restantes tornam-se resíduos. Considerando-se que, apenas em 2016, cerca de 1,08 milhão de toneladas de açaí foram produzidas apenas no estado do Pará, bem como o crescente aumento desta quantidade devido à exportação industrial, milhares de toneladas de resíduos sólidos são contabilizados (COSTA, 2018).

Informações da Caldeira

Para realização desta pesquisa foi utilizado os dados das informações técnicas de uma caldeira de modelo Horizontal Flamotubular que foi utilizada no estudo de Passinho et al. (2019). Os dados da caldeira estão dispostos na tabela 01.

Tabela 01: Informações técnicas da caldeira

Item	Características
Modelo	Horizontal Flamotubular
Produção de vapor- c/água a (20°C)	250 kg/h
Produção de vapor- c/água a (80°C)	280 kg/h
Tipo de combustível	Lenha
Consumo de combustível	0,11 m ³ /h
Pressão de Trabalho	5 kgf/cm ²
Estado do vapor produzido	Saturado
Temperatura da água de entrada na caldeira	35°C

Fonte: Passinho et al. (2019)

Determinação da Vazão Mássica de Combustível

Para os cálculos energéticos do presente trabalho é necessário o conhecimento da vazão mássica (equação 1) de combustível que entra na caldeira, para isto utilizou-se o volume de 0,11 m³/h de lenha (tabela 01) com massa específica da lenha de 850 kg/m³. Esses valores foram substituídos na equação 1 e desta maneira calculou-se a vazão mássica do combustível necessário ao bom funcionamento do aparelho térmico.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

equação (1)

Sendo ρ é a massa específica em kg/m^3 , m a massa em kg , V o volume em m^3 .

Determinação do Poder Calorífico Superior e Inferior

O poder calorífico de uma fonte energética como a biomassa pode ser definido como a quantidade de energia liberada na forma de calor (entalpia de combustão) durante a combustão completa de uma unidade de massa do combustível. Este parâmetro pode ser classificado como: Poder Calorífico Superior (PCS) ou Poder Calorífico Inferior (PCI) (NASCIMENTO, 2012). Para a determinação do poder calorífico superior e inferior das biomassas, foram utilizadas as equações 2 e 3 (LOO; KOPPEJAN, 2008). Os cálculos foram realizados utilizando os resultados da análise elementar do caroço de açaí e do ouriço da Castanha-do-Pará dispostos na literatura especializada de Rendeiro et al. (2008) e Nascimento (2012). A composição elementar das biomassas estudadas é apresentada na tabela 02.

Tabela 02: Composição Elementar das biomassas estudadas

Elementos Químicos (%)	Caroço de Açaí (RENDEIRO et al., 2008)	Ouriço da Castanha-do-pará (NASCIMENTO, 2012)
Carbono (C)	46,00	46,42
Hidrogênio (H)	6,00	6,18
Nitrogênio (N)	0,8	0,20
Enxofre (S)	-	<0,1
Oxigênio (O)	46	46,83
Teor de Umidade (W)	12	8

Fonte: Rendeiro et al. (2008) e Nascimento (2012)

$$PCS = -8419,7 + 479,3 \cdot C + 667,6 \cdot H + 58,8 \cdot O - 1207,7 \cdot S$$

equação (2)

$$PCI = PCS \cdot \left(1 - \frac{W}{100}\right) - 2,447 \cdot \left(1 - \frac{W}{100}\right) - 2,447 \cdot \left(1 - \frac{H}{100}\right) \cdot 9,01 \cdot \left(1 - \frac{W}{100}\right)$$

equação (3)



Pela definição de poder calorífico pode-se obter a quantidade de calor liberada no interior da caldeira no intervalo de tempo através da queima do combustível. Na equação 4 foi utilizado o poder calorífico inferior devido a este considerar a quantidade de umidade presente no material combustível, ou seja, representa melhor as condições reais de operação da caldeira (PASSINHO et al., 2019)

$$Q_c = PCI \cdot m$$

equação (4)

Sendo Q_c o calor fornecido pela queima de combustível em kJ/h, PCI o poder calorífico inferior em kJ/Kg e m a vazão mássica do combustível em kg/h.

Equação da conservação de massa

Para quantificar as massas de entrada e saída no interior da caldeira, um volume de controle (VC) que circunda a mesma precisa ser definido, sendo necessária a utilização da equação da conservação da massa. Como o interesse desta análise é estudar as trocas energéticas e o transporte de massa atravessando o volume de controle em regime permanente, a equação da conservação da massa fica (FERNANDES, 2015):

$$\frac{dm_{vc}}{dt} + \sum m_s - \sum m_e = 0$$

equação (5)

$$\sum m_s - \sum m_e = 0$$

equação (6)

Sendo dm_{vc}/dt a taxa de variação de massa no interior do VC, \dot{m}_e o fluxo mássico de entrada do volume de controle (kg/s), \dot{m}_s o fluxo mássico de saída do volume de controle (kg/s).

Dessa forma, o fluxo de entrada de massa de água \dot{m}_e será igual ao fluxo de saída de vapor \dot{m}_s , que de acordo com o valor da tabela 01 é de 250 kg/h.

Equação da conservação de energia - 1º Lei da Termodinâmica

Como forma de quantificar as trocas energéticas, em regime permanente, ocorrendo no interior da caldeira, a primeira lei da termodinâmica foi aplicada para o VC do presente trabalho. Logo têm-se (ÇENGEL; BOLES, 2015):

$$Q_{vc} + \sum m_e \left(h_e + \frac{v_e^2}{2} + gZ_e \right) = \sum m_s \left(h_s + \frac{v_s^2}{2} + gZ_s \right) + W_{vc}$$

equação (7)

Onde Q_{vc} é a taxa de transferência de calor que entra ou sai do VC, h_e a entalpia de entrada no VC, V_e a velocidade de entrada no VC, Z_e a cota na entrada no VC, h_s a entalpia de saída do VC, V_s a velocidade de saída do VC, Z_s a cota na saída do VC, W_{vc} a taxa de transferência de trabalho que entra ou sai do VC.

Segundo Fernandes (2015) exceto quando mencionado, supõe-se que as variações de energia cinética e potencial entre os influxos e os efluxos mássicos são de magnitude desprezível quando comparadas às variações de entalpia. Desta forma, a primeira lei assume a seguinte forma:

$$Q_{vc} + \sum me h_e = \sum m s h_s$$

equação (8)

Como no sistema analisado só existe uma entrada de água e uma saída de vapor da caldeira, a equação 8 fica reduzida a:

$$Q_{vc} + me h_e = m s h_s$$

equação (9)

Pela lei da conservação da massa, a vazão mássica de entrada é igual a vazão mássica de saída, ou seja, $m_e = m_s = m_v$. Desse modo, a equação 9 fica:

$$Q_{vc} + m v h_e = m v h_s$$

equação (10)

Entalpias de entrada e saída

Para calcular o valor da entalpia da água de entrada no sistema foi utilizado o Software STEAM TABLE desenvolvido por FIGENER S/A (2000), considerando os valores de Pressão (5 kgf/cm²) e Temperatura (35°C) fornecidos na tabela 01. Com o valor da entalpia da água de entrada do sistema foi possível calcular o valor da entalpia de saída do sistema.

Mix Energético

O objetivo principal deste trabalho é avaliar o potencial energético da mistura das biomassas provenientes do ouriço da castanha-do-Pará e do caroço de açaí através do processo de termoconversão. No mix energético a quantidade total de calor liberado pela



queima é dada pela soma das quantidades de calor fornecidas pela queima do caroço de açaí e do ouriço da castanha, de acordo com a seguinte equação.

$$Q_{mix} = QRCA + QROC$$

equação (11)

Onde Q_{mix} é a quantidade de calor liberado pela mistura em KJ/h, $QRCA$ a quantidade real de calor liberado pelos caroços de açaí em KJ/h, $QROC$ a quantidade real de calor liberado pelo ouriço da castanha em KJ/h. Rearranjando as equações para um valor variável de rendimento da caldeira η , e observando que $Q_{mix} = Q_{vc} = Q$ encontra-se:

$$hs = \frac{n(mca.PCIca + moc.PCIoc)}{mv} + he$$

equação (12)

Sendo h_s o valor da entalpia de saída de vapor, mv o fluxo de vapor; PCI_{ca} o poder calorífico inferior do caroço de açaí, PCI_{oc} o poder calorífico inferior do ouriço da castanha, mca a vazão mássica da biomassa de caroço de açaí, moc a vazão mássica do ouriço da castanha e h_e a entalpia de entrada de água.

As quantidades das biomassas de caroço de açaí e ouriço de castanha-do-Pará utilizadas no mix energético analisado serão testadas em diferentes proporções para avaliar a produção energética.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Software Excel 2016 foi utilizado para as implementações das equações e obtenção dos resultados simulados. Além disso, foram gerados tabelas com intuito de compreender melhor a fenomenologia das trocas energéticas. Para calcular a vazão mássica de entrada na caldeira, considerou-se o volume e a massa específica aparente da lenha (combustível da caldeira). O valor de vazão mássica obtido foi de 93,5 kg/h. Esse valor foi considerado para o caroço de açaí e para o ouriço da castanha, pois uma quantidade de biomassa superior à estimada, resultaria em problemas tais como entupimento da caldeira.

O valor do poder calorífico superior (PCS) do ouriço da castanha-do-pará foi de 20708,78 kJ/Kg e o do caroço de açaí foi de 20338,50 kJ/Kg. Já o valor do poder calorífico inferior (PCI) do caroço de açaí foi de 17896,42 kJ/Kg e o do ouriço da castanha-do-pará

foi de 19050,63 kJ/Kg. A partir dos valores de PCS e PCI, foi possível observar que o teor de umidade e a composição elementar são fatores de grande importância no uso da biomassa como combustível, além disso o teor de umidade apresenta uma relação inversa com o poder calorífico inferior (VALE et al., 2011), pois o teor de umidade do caroço de açaí usado no presente trabalho foi de 12% enquanto que o do ouriço da castanha-do-pará foi de 8%, isso fez com que o valor do PCI do ouriço da castanha fosse maior que o da outra biomassa utilizada.

Com relação aos valores de entalpia de entrada e de saída, tem-se que a partir da utilização do software STEAM TABLE e dos valores da pressão (5 kgf/cm²) e temperatura (35°C), encontrou-se o valor de entalpia de entrada da água (he) de 147 kJ/Kg. De posse desse valor, realizou-se o balanço de massa e energia, e observou-se que aumento da eficiência da caldeira proporciona maior liberação de energia térmica, representada pelo valor de entalpia de saída do vapor (hs). Para a simulação foram estimados valores percentuais de eficiência da caldeira, partindo de 50% até 80% para o caroço de açaí e o ouriço da castanha-do-pará. Os resultados obtidos se encontram na tabela 03.

Tabela 03. Entalpia de saída do vapor produzido por caroço de açaí e ouriço da castanha-do-pará em (kJ/Kg) considerando diferentes rendimentos em (%)

Rendimento (%)	Entalpias de saída do vapor (kJ/Kg)	
	Caroço de Açaí	Ouriço de castanha-do-Pará
50	3493,63	3709,47
60	4162,96	4421,96
70	4832,28	5134,45
80	5501,61	5846,95

Fonte: Os Autores, 2021

A partir dos resultados dos dados de entalpia de saída, observou-se que quando a caldeira trabalha na mínima eficiência (50%) a quantidade de energia liberada pelo ouriço de castanha-do-Pará (3709,47 kJ/Kg) é superior à liberada pelo caroço de açaí (3493,63 kJ/Kg) e o mesmo ocorre para os demais rendimentos. Dessa forma, observa-se que o ouriço da castanha-do-pará tem maior potencial de liberação de energia comparado com o caroço de açaí.



De acordo com SENER (2015), as eficiências térmicas de caldeiras flamotubulares oscilam entre 75 e 85%. Com os dados da tabela 03 observa-se que a caldeira operando com rendimento 80% alcança um valor bem maior de entalpia de saída para ambas biomassas, e que estas têm um potencial energético alto se comparada com o potencial energético da lenha, (4106,26 kJ/kg), obtida no trabalho de Passinho et al. (2019), para mesma eficiência de caldeira.

Na tabela 04 estão dispostos os resultados para a mistura dos combustíveis caroço de açaí e ouriço da castanha-do-pará em várias proporções, visto que o objetivo deste trabalho é avaliar o potencial do mix de caroço de açaí e ouriço da castanha-do-Pará.

Tabela 04. Resultados do mix energético considerando diferentes proporções de combustíveis para um rendimento de caldeira de 50%

Quantidade (kg/h)				Entalpia de saída do vapor (kJ/kg)
%	Caroço de Açaí	%	Ouriço de castanha-do-Pará	
90	84,15	10	9,35	3515,21
80	74,80	20	18,70	3536,80
70	65,45	30	28,05	3558,38
60	56,10	40	37,40	3579,97
50	46,75	50	46,75	3601,55
40	37,40	60	56,10	3623,13
30	28,05	70	65,45	3644,72
20	18,70	80	74,80	3666,30
10	9,35	90	84,15	3687,88

Fonte: Os Autores, 2021

Através dos dados da tabela 04, observa-se que para uma proporção de 90% de ouriço de castanha-do-pará e 10% de caroço de açaí o valor de entalpia calculado é de 3687,88 kJ/kg, esse valor é menor que a entalpia determinada para o vapor quando se deseja queimar somente o ouriço da castanha-do-pará, isto é, 3709,47 kJ/kg. Nota-se que conforme se reduz a porcentagem de ouriço de castanha no mix, se reduz também o valor da entalpia de vapor, de forma que o menor valor de entalpia do mix ocorre quando há a proporção de 10% de caroço de castanha-do-pará e 90% de caroço de açaí.

Apesar dos dados obtidos revelarem que o ouriço de castanha-do-pará quando queimado sozinho possui maior liberação energia, a junção deste com o caroço de açaí na formação do mix, torna-se relevante, visto que estes, em sua maioria, não possuem seu potencial aproveitado, sendo descartados como resíduos sem critérios ambientais. Além disso, Godecke, Naime e Figueiredo (2012) destacam que esse modelo de energização com biomassas merece atenção, pois ajuda na geração de energia, trazendo uma opção sustentável, e na gestão de resíduos que tanto preocupa a sociedade atual.

CONCLUSÕES

Assim, tem-se que as biomassas avaliadas possuem um alto potencial energético e que quando analisado o potencial das biomassas em forma de mix, este apresenta dados satisfatórios para a produção de energia, superando até mesmo o valor da lenha (que é o combustível mais utilizado nas caldeiras). Nesse sentido, no que diz respeito ao viés econômico, ambiental e social, o mix de caroço de açaí em conjunto com o ouriço de castanha-do-pará se mostra interessante, podendo ser uma alternativa eficiente para pequenas comunidades com uso de energia controlada. Além disso, observa-se que o aproveitamento dos resíduos que foram objeto de estudo, levam não só a uma geração de energia mais limpa, como também ao aproveitamento total das matérias primas. Portanto, torna-se visível a viabilidade econômica e sustentável que o uso dessas biomassas oferece na geração de energia e que está sendo desperdiçada pelo descarte de forma ambientalmente incompatível.

REFERÊNCIAS

- ÇENGEL, Y. A.; BOLES, M. A. **Thermodynamics: an engineering approach**. 8º edition, McGraw Hill, 2015.
- COSTA, Jéssica Saraiva da. **Biomassa residual para uso energético no Estado do Pará**. 2018. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2018.
- EMBRAPA. **Sistemas de Produção Açaí**. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/125409/1/SISTEMA-PROD-4-ONLINE-.pdf>. Acesso em: 28 de fev. de 2021.
- Empresa de Pesquisa Energética. **Balanzo Energético Nacional 2019: ano base 2018**. Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). Rio de Janeiro, p. 292. 2019.



Empresa de Pesquisa Energética. **Matriz Energética e Elétrica**. Disponível em:
<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em 28 de fev. de 2021.

Fernandes, G. D. **Estudo da Viabilidade de Implantação de um Sistema de Cogeração de Energia em uma Lavanderia Industrial**. Projeto Final de Graduação, UFRJ. Rio de Janeiro, 2015.

GODECKE, M. V.; NAIME, R. H.; FIGUEIREDO, J. A. S. O consumismo e a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. Volume 8, nº 8, p.1700-1712. 2012.

GOLDEMBERG, J. Atualidade e perspectivas no uso de biomassa para a geração de energia. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 1, p. 15-28, 2017.

LOBO, J. M. C. O. P. C. **Avaliação do potencial energético de resíduos de biomassa Amazônica**. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas.

Disponível em:

http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022002000100026&lng=en&nrm=abn. Acesso em: 16 de Mar. de 2021.

LOO, S. V.; KOPPEJAN, J. **The Handbook of Biomass Combustion and Cofiring**. Earthscan, 2008.

MACIEL, L. L. L. Biomassa: uma fonte renovável para geração de energia elétrica no Brasil. **Revista de trabalhos acadêmicos: universo campos dos goytacazes**, Num. 03, 2019.

NOGUEIRA, I. M. S. N.; LAHR, F. A. R.; GIACON, V. M. Desenvolvimento e caracterização de painéis de partículas aglomeradas utilizando o resíduo do ouriço de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e resina poliuretana derivada do óleo de mamona. **Revista Matéria**, v.23, n.1, 2018.

MORAES, S. L. et al. Cenário brasileiro da geração e uso de biomassa adensada. **Revista IPT**, v1, n. 4, 2017. 58-73. Disponível em: <http://revista.ipt.br/index.php/revistaIPT/article/view/37/33>. Acesso em 02 de mar. de 2021.

NASCIMENTO, V. F.. **Caracterização De Biomassas Amazônicas – ouriço de castanha--Do-Brasil, Ouriço De Sapucaia E Carço Do Fruto Do Tucumã – Visando Sua Utilização Em Processos De Termoconversão**. 2012. Disponível em:

http://131.255.84.103/bitstream/tede/3490/5/Edward_SeabraJunior2017.pdf. Acesso em 03 de mar. de 2021.

OLIVEIRA, A. P. M.; FUGANHOLI, N. S.; CUNHA, P. H. de S.; BARELLI, V. A.; BUNEL, M. P. M.; NOVAZZI, L. F. Análise Técnica e Econômica de Fontes de Energia Renováveis. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 0163-0169, 2018.. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/2502>. Acesso em: 5 mar. 2021.

RENDEIRO, Gonçalo et al. **Combustão e gasificação de biomassa sólida: soluções energéticas para a Amazônia**. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, 2008. cap. 1, p. 19-28.

Disponível em: <http://livroaberto.ufpa.br/jspui/handle/prefix/288>. Acesso em: 5 mar. 2021

PASSINHO, Mohara Silva et al. Uso da semente de açaí como alternativa energética na indústria de beneficiamento de polpa de açaí. **Enciclopédia Biosfera**, v. 16, n. 29, 2019.

SENGER, R.. **Análise do rendimento térmico de uma caldeira mista alimentada com lenha em toras**. 2015. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2015

SOARES, T. S. et al. Uso da biomassa florestal na geração de energia. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, v. 4, n. 8, ago. 2006.

VALE, A. T.; MENDES, R. M.; AMORIM, M. R. M.; DANTAS, V. F. **Potencial energético da biomassa e carvão vegetal do epicarpo e da torta de pinhão manso (*Jatropha curcas*)**.

CERNE, v.17, n.2, p.267-273,2011.