

## ESTIMATIVA DO POTENCIAL TEÓRICO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA COM RESÍDUOS DE SERRARIAS DA REGIÃO DE SANTA TERESA-ES

### *ESTIMATION OF THE THEORETICAL POTENTIAL FOR POWER GENERATION WITH WASTE FROM SAWMILLS IN THE SANTA TERESA REGION*

<sup>1</sup>Miriana Lucia Pimenta Spalenza.

<sup>2</sup>Paulo Victor Toso Helker.

<sup>3</sup>Alice Fernandes Pires.

<sup>4</sup>Guilherme Oliveira Cerqueira Góes.

<sup>5</sup>Kíssela Ferraz.

<sup>6</sup>Lucas Gomes Reis Costa.

<sup>7\*</sup>Arthur Monteiro Filho.

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. E-mail: mirianalucia@hotmail.com.

<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. E-mail: paulo.helker@ifes.edu.br.

<sup>3</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. E-mail: alicefp\_@hotmail.com.

<sup>4</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. E-mail: guilhermegoes788@gmail.com.

<sup>5</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. E-mail: kisselamferraz@gmail.com.

<sup>6</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. E-mail: lgrc1998@gmail.com.

<sup>7</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. E-mail: arthur.monteiro@ifes.edu.br.

\*Autor de correspondência

Artigo submetido em 18/10/2022, aceito em 02/06/2023 e publicado em 05/06/2023.

**Resumo:** A biomassa é tida como a terceira maior fonte primária de energia e é também uma das mais promissoras atualmente. Em Santa Teresa-ES, a prática da silvicultura é muito presente, uma vez que a cidade tem destaque na plantação de eucalipto para produção de paletes e outros fins, gerando grande quantidade de rejeitos que necessitam destinação adequada. Assim, esse estudo objetivou avaliar o potencial energético gerado pelo rejeito madeireiro em uma amostra de serrarias no município de Santa Teresa. Para quantificar o resíduo de madeira produzido, foram realizadas visitas técnicas, onde coletou-se os dados informados. Posteriormente calculou-se o poder calorífico e o potencial teórico para geração de energia e a quantidade de casas que seriam abastecidas com esse potencial, tendo como base o consumo médio residencial do estado do Espírito Santo obteve-se o valor total de 1,467 x 10<sup>10</sup> kcal, 3,69 MW/ano e 1392 casas abastecidas respectivamente. Considerou-se uma geração com sistema convencional de turbina a vapor (ciclo Rankine), de pequeno porte com 15% de rendimento. Os resultados foram satisfatórios e podem ser utilizados como impulsionadores para posteriores estudos do tema no município.

**Palavras-chave:** Biomassa; Poder calorífico; Geração de energia; Cavaco; Serragem.

**Abstract:** The biomass is already the third largest primary source of energy and is also among the most promising currently. In Santa Teresa-ES, the practice of silviculture is very common, since the city is prominent in the eucalyptus plantation for pallet production and other purposes, it generating a large amount of tailings that need a proper disposal. Therefore, this study aimed to evaluate the energy potential generated by wood waste in a sample of sawmills in the municipality of Santa Teresa. To quantify the waste produced, technical visits were carried out, where the informed data was collected. Afterwards, the calorific value, the theoretical potential for power generation and a number of houses that would be supplied with this potential was calculated. The last parameter was calculated based on the average residential consumption of the state Espírito Santo, with a total value of  $1,467 \times 10^{10}$  kcal, 3,69 MW/year and 1392 houses respectively. It was considered a generation with a small conventional steam turbine system (Rankine cycle) with 15% yield. The satisfactory results can be used as drivers for further studies of the theme in the municipality.

**Keywords:** Biomass; Calorific value; Power Generation; Woodchip; Sawdust.

## 1 INTRODUÇÃO

O município de Santa Teresa é localizado na região central do estado do Espírito Santo e possui uma exuberante biodiversidade, sendo seu território composto por cerca de 40% de Mata Atlântica. Para a conservação desse ecossistema o município possui forte vocação para a silvicultura, ou seja, a plantação de florestas econômicas que garantem o fornecimento de madeira e a manutenção das árvores nativas. O destaque é dado para a produção de eucalipto que são usados em sua maioria na produção de paletes. Também é destinado a outros fins como a produção de caixas, indústrias moveleiras, na construção civil, na queima em fornos de cerâmicas, na agricultura e pecuária, lenha para fins alimentícios como restaurantes e padarias, entre outros. As serrarias correspondem à grande parte da economia local, gerando empregos e renda, porém apresentam um grande problema que é a geração de rejeitos, sendo os principais o cavaco e o pó de serra, conforme a Figura 1. (INCAPER, 2011).

Por conta da legislação e sustentabilidade ambiental, as empresas necessitam de atenção para a destinação correta dos resíduos, sendo plausível de penalidades e da suspensão das atividades produtivas as organizações que não fizerem a destinação adequada aos rejeitos e não cumprirem com as normativas estabelecidas.

Figura 1: Cavaco e pó de serra gerado em uma serraria no município de Santa Teresa



Fonte: Spalenza (2019).

Estes são gerados em grandes quantidades nas indústrias madeireiras e são de difícil estocagem (IDAF, 2014).

Atualmente os rejeitos são utilizados principalmente para integrar a composição do adubo juntamente com os efluentes provenientes das granjas e na queima direta em fornos em cerâmicas em municípios vizinhos. Em menor quantidade é destinado para a geração de energia em uma termelétrica no município de Linhares e para a fabricação do briquete utilizado principalmente em fornos alimentícios (informação verbal) <sup>1</sup>.

Como a maioria do material é aproveitada fora do município, as empresas possuem despesas com fretes o que aumenta

---

<sup>1</sup> Entrevista concedida por PIMENTA, Wanderson Bras. Entrevista [09.2019]. Entrevistadores: Alice Fernandes Pires e Miriana Lucia Pimenta Spalenza, 2019.(3 horas).

o custo. Outra questão é que, por depender de outros setores, a destinação do cavaco e do pó de serra é influenciada por questões mercantis, burocráticas e produtivas.

Para mitigar estas dificuldades e propor a destinação mais nobre, constante, com maior controle por meio dos proprietários e principalmente dentro do próprio município, a sugestão é a utilização para fins energéticos. As principais tecnologias disponíveis são a cogeração de energia, o uso em termelétricas e a fabricação de produtos como o briquete e o pélete (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2009).

O objetivo deste trabalho é um estudo sobre a quantidade de resíduo gerado em uma amostra de serrarias no município de Santa Teresa, estimar seu respectivo potencial calorífico e a quantidade de residências abastecidas pela energia gerada, utilizando esse material como combustível. Esses pontos foram abordados para possibilitar posterior decisão de viabilidade econômica.

Analysaram-se estudos anteriores acerca do tema, visitaram-se empresas e entrevistaram-se os proprietários, recolhendo dados acerca da quantidade. Escolheu-se como fator de análise para avaliar o poder calorífico e foram usados os estudos de Bersch (2016) e Gonçalves (2009). Então foram calculados os seus tipos e posteriormente estipulou-se o poder energético para a quantidade de resíduo produzido pelo grupo de empresas analisado. Por fim, tendo a dimensão desse último parâmetro, determinou-se com base nos estudos de Cemig (2017) e ASPE (2013), equações para aferir a quantidade de casas alimentadas por essa quantidade de energia.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo a ANEEL (2008), a biomassa consiste em toda matéria orgânica que tem a possibilidade de ser transformada em energia elétrica, térmica ou mecânica.

Sua origem pode ser tanto florestal, agrícola quanto de rejeitos urbanos e industriais.

Como uma das mais promissoras fontes alternativas de energia, a biomassa prefigura a diversificação da matriz energética mundial. De acordo com a Agência Internacional de Energia, em 2023, a biomassa corresponde a 9,8% da matriz energética mundial.

### 2.1 POTENCIAL ENERGÉTICO DA BIOMASSA

A quantidade de energia liberada na forma de calor ao queimar completamente uma massa de combustível em termos de unidade é chamado de poder calorífico. As unidades mais utilizadas para esse parâmetro em resíduos sólidos são kcal/kg ou cal/g (BERSCH, 2016).

A classificação do poder calorífico é dividida em: poder calorífico inferior (PCI), e superior (PCS) e útil (PCU). O primeiro conceito trata-se do quanto de calor foi gerado quando este combustível entrou em combustão, sendo que a água estava no estado de vapor. Já no PCS, a água está condensada, ou seja, líquida. Para a determinação do poder energético da madeira, compreende-se que o poder calorífico útil (PCU) é o tipo que auxilia a encontrar esse resultado, sendo que ele depende dos outros tipos de poderes caloríficos para ser dimensionado (BERSCH, 2016).

Estudos como de Bersch (2016), Cardoso et al. (2004), Gonçalves (2009) e ASPE (2013), utilizam o poder calorífico como um fator para avaliar a qualidade do combustível e estipulam formas para quantificá-lo.

O poder energético é calculado pela multiplicação do PCU (kcal/kg) e a quantidade total de resíduos (kg), sendo PCT (Poder calorífico total), a sigla para essa variável.

Portanto, o objetivo deste trabalho é estipular teoricamente os tipos de poder calorífico e energético produzido pelas empresas Pimenta Madeiras, ADJ Madeira e Biomassa, Serpau Madeiras, Madeira Barth,

Serraria do Calote e a Serraria do Vanildo, todas situadas na região de Santa Teresa.

## 2.2 SILVICULTURA E RESÍDUOS

Quando se relaciona produção de biomassa e produção de energia há benefícios em relação à diminuição de gases do efeito estufa e esse combustível se torna alternativo quando comparável aos combustíveis fósseis (BERSCH, 2016 p. 13).

O objetivo da silvicultura é a plantação e manutenção de florestas para fins econômicos, científicos, sociais e ecológicos. A ideia de utilizar madeira como meio de produção de energia em um primeiro momento produz a ideia equivocada do aumento do desmatamento. Isso, porém, geralmente não ocorre, pois, em florestas econômicas que são direcionadas a este fim, por meio de carvão, lenha ou briquetes, entre outras formas, o manejo se dá de forma controlada, ou seja, se retira as árvores adultas e plantam-se mudas, ou permite o brotamento de acordo com um planejamento. A floresta plantada está em constante renovação, é utilizada de forma racional, de forma sustentável, ajudando a proteger florestas nativas como, por exemplo, a Mata Atlântica predominante no estado do Espírito Santo (BERSCH, 2016 p. 13).

O jornal Folha Vitória (2019) divulgou que a silvicultura de eucalipto corresponde a 12% da área agrícola total plantada no estado, segundo o Incaper, que seria equivalente a 243 mil hectares, gerando cerca de 80 mil empregos ligados diretamente ou não a essa atividade movimentando a economia.

Os resíduos da silvicultura são produzidos em três períodos: a deixada no campo após o corte, a do preparo da madeira, a qual produz o maior volume, e a gerada na indústria moveleira. Dessa forma, cavacos e serragem são produzidos, e possui como um exemplo de aplicação o uso na queima para geração de energia elétrica (ASPE, 2013).

### 2.2.1 Cavacos e serragem

Ao picar ou despedaçar a madeira variando seu comprimento entre 5 e 50 mm utilizando picadores, se obtém o cavaco, o qual tem sua qualidade determinada por sua matéria prima e seu processo de fabricação, sendo que o processo ocasiona partículas mais longas e uma porcentagem de material fino (CERAGIOLI, 2012).

Outro tipo de resíduo produzido é a serragem. Ela surge através do processo de serragem da madeira, gerando partes finas, menores. Ela pode ser usada na construção civil, briquetes, artesanatos, conforto térmico de animais e de combustível para a queima (MORI; COVEZZI; MORI, 2011).

## 2.3 INDÚSTRIA MADEIREIRA

Os indicadores econômicos da base econômica em 2010 mostraram-se bastante promissores apesar da pouca participação do setor. A arrecadação de impostos gerou 7,5 bilhões de reais, contribuiu com quase 52 bilhões na formação do valor bruto da produção. Outro ponto abordado é que esses parâmetros possam ser maiores e comparável a países como Canadá, Suécia e Finlândia (MAFRA; MIRANDA; SOUZA, 2012, p.10).

Há iniciativas de promoção de cursos para plantio de madeiras por meio da silvicultura, o que promove o interesse de indústrias em utilizar a matéria prima plantada para produzir produtos. Além disso, pesquisas na área geram empregos, renda, mantém a Mata Atlântica remanescente no estado, além de aproveitar seu potencial para cultivo florestal, que é de 900 mil hectares, representando 30% das terras agricultáveis do Espírito Santo (INCAPER, 2016).

No estado do Espírito Santo, as serrarias seguem a Instrução Normativa nº 023, de 23 de outubro de 2014, que estabelece diretrizes em relação aos resíduos provenientes dos processos, estabelecendo critérios para a destinação correta e penalidades para o descumprimento dos deveres das empresas (IDAF, 2014). Vale ressaltar que, no cálculo da quantidade, foi

considerado o mês comercial, ou seja, 30 dias.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 QUANTIDADE DE RESÍDUO GERADA

Almejando calcular o potencial energético produzido pelo cavaco e serragem obtida no processo de produção de

paletes de seis empresas localizadas no município de Santa Teresa, o passo inicial foi realizar uma visita as empresas e coletar dados da quantidade de resíduo produzida em cada uma delas. Os valores coletados estão presentes na Tabela 1 e segundo informações coletadas na entrevista realizada com os donos das empresas, cerca de 50% desse valor corresponde ao cavaco.

Tabela 1: Quantidade de resíduo gerado em cada empresa estudada.

Quantidade de resíduo gerada em cada empresa estudada		
Nome da empresa	Quantidade de resíduo gerado	
	t/mês	kg/mês
Pimenta Madeiras	250	250.000
ADJ madeira e biomassa	1080	1.080.000
Serpau Madeiras	2700	2.700.000
Madeira Barth	1350	1.350.000
Serraria do Calote	640	640.000
Serraria do Vanildo	1620	1.620.000
<b>Total de resíduos gerados</b>	<b>7.640</b>	<b>7.640.000</b>

Fonte: Autoria própria (2022).

#### 3.2 CÁLCULO DO PODER CALORÍFICO

O parâmetro que está sendo analisado para determinar o poder energético desses resíduos é o poder calorífico.

As categorias de poder calorífico superior, inferior e útil são primordiais para o cálculo e, de acordo com Bersch (2016, p.23) e (SOUZA; VALE, 2017), a Equação 1 serve para determinar o poder calorífico útil (PCU) do cavaco de eucalipto.

$$PCU = PCI \cdot \left(1 - \frac{U}{100}\right) - 6U \left(\frac{kcal}{kg}\right) \quad (1)$$

Onde:

U: Umidade base úmida (%).

O PCI adotado foi de 4300 kcal/kg (valor já tabelado) e a umidade considerada foi de 45%, um valor médio obtido em uma das empresas visitadas.

As Equações 2 e 3, de acordo com Gonçalves et al. (2009), calculam o poder calorífico inferior e útil da serragem para a produção de briquetes. Contudo, houve uma adaptação em relação a umidade que nesse estudo foi considerada a mesma do cavaco, portanto 45%, por eles serem produzidos em conjunto e não haver um processo preliminar de secagem que modifique esse valor.

$$PCI = PCS - 600 \left(\frac{9H}{100}\right) \quad (2)$$

$$PCU = PCI(1-u) - 600u \quad (3)$$

Onde:



H: Teor de hidrogênio (%);  
u: Umidade do material em base úmida (%).

No cálculo do PCI, de acordo com Cardoso et al. (2004, p.7), o valor do poder calorífico superior da serragem de eucalipto é de aproximadamente 4000 kcal/kg e, segundo Couto (2009, p.54), a porcentagem de hidrogênio do eucalipto é de 6,2%.

De posse do poder calorífico útil de cada um dos tipos de resíduo, utiliza-se a Equação 4 para calcular o poder energético do montante produzido.

$$PCT = PCU \cdot Qtde \quad (4)$$

Qtde: Quantidade de resíduo gerada (kg).

Relembrando que a quantidade de cada resíduo é a metade do gerado, ou seja, 3.820.000 kg.

### 3.3 ESTIMATIVA TEÓRICA DA QUANTIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA PRODUZIDA A PARTIR DO RESÍDUO GERADO

Tendo como base o Atlas de Bioenergia do Espírito Santo (ASPE, 2013) e o Potencial de Energia em Minas Gerais (Reis & Reis, 2017) descreveu-se a Equação 5, cuja função é estimar teoricamente a quantidade de energia elétrica em MW/ano que determinada quantidade de resíduos produzirá.

$$Potencial \left( \frac{MW}{ano} \right) = \frac{Qr \cdot n \cdot PCU}{8322 \cdot 860} \quad (5)$$

Onde:

PCU: Poder calorífico útil (kcal/kg);  
Qr corresponde ao total de cavaco ou serragem produzido em toneladas;  
n: Eficiência de conversão.

Sendo que 8322 é o valor correspondente a 95 % das horas anuais em que se produz energia elétrica. Já o valor

860 trata-se da conversão de kcal/kg para kWh/kg.

De acordo com ASPE (2013), para o cálculo teórico de conversão de energia usa-se uma turbina convencional a vapor (ciclo Rankine) com 15% de rendimento, equivalente a um sistema de pequeno porte.

### 3.4 DETERMINAÇÃO TEÓRICA DA QUANTIDADE DE RESIDÊNCIAS ALIMENTADAS

Para avaliar a capacidade de fornecimento de energia, considerou-se o potencial em MW/ano obtido através da Equação 5 em relação ao consumo médio de uma casa no Espírito Santo, na mesma unidade, como pode ser observado na Equação 6.

$$Qtde_{casas} = \frac{Potencial \ do \ resíduo}{Consumo \ de \ uma \ casa} \quad (6)$$

Onde:

Qtde<sub>casas</sub>: Número de casas abastecidas;  
Potencial do resíduo: (MW/ano);  
Consumo de uma casa: (MW/ano).

O valor de consumo médio de energia em uma casa no Espírito Santo adotado foi de 164,5 kWh/mês, valor correspondente ao ano de 2021 (EPE, 2022). Vale ressaltar que antes de ser aplicado na Equação 6, o valor citado passou pelas devidas conversões.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seguindo os valores apresentados na metodologia, na Tabela 2 é possível observar os resultados de poder calorífico inferior, útil e energético do cavaco e serragem produzida.

Segundo Pereira et al. (2020), o poder calorífico da madeira pode variar entre 3.000 kcal/kg até 5.400 kcal/kg. Sendo assim, os valores obtidos nesse trabalho estão dentro dessa faixa.

Tabela 2: Resultados obtidos para os Poderes Caloríficos dos Resíduos de Cavaco e Serragem.

Resíduo	PCI (kcal/kg)	PCU (kcal/kg)	Poder energético (kcal)
Cavaco	4300	2095	$8,00 \times 10^9$
Serragem	3665,20	1745,86	$6,67 \times 10^9$
<b>TOTAL</b>			<b><math>1,467 \times 10^{10}</math></b>

Fonte: Autoria própria (2022).

Estão apresentados na Tabela 3 resultados de poder calorífico encontrados na literatura. Por meio da análise proposta nesse trabalho percebemos que as variações não são tão significativas correspondendo, na pior das comparações a cerca de 30% com relação aos valores obtidos nesse estudo. Resultado esse obtido para a Serragem. Já para o cavaco a maior variação percentual foi de cerca de 13%. Mas, nesse último caso a maioria dos resultados ficaram menores de 10%. Isso mostra que os resultados estão dentro do sugerido e encontrado por outros autores em trabalhos similares. É importante destacar que esses resíduos seriam descartados, por isso faz-se justificável seu aproveitamento para geração de energia.

A Tabela 4 apresenta o potencial em MW/ano do cavaco e da serragem respectivamente, além disso, mostra a estimativa teórica da quantidade de casas alimentadas, tendo o cavaco e a serragem como combustível para o processo de geração de energia.

Após cumprir os objetivos estabelecidos, obtiveram-se o total de cavaco e serragem produzidos nas seis empresas analisadas que é de 7.640 toneladas, ou seja, 7.640.000 kg.

Em relação ao poder calorífico obtido por meio da aplicação das equações apresentadas tem-se: PCU de 2095 kcal/kg e  $8 \times 10^9$  kcal de potencial energético para 3820 toneladas de cavaco. Já a serragem apresentou 3665,20 kcal/kg, 1745,86 kcal/kg e  $6,67 \times 10^9$  kcal de PCI, PCU e

poder energético, respectivamente, para metade do total de resíduos produzidos, tendo em vista que se considerou a metade para cada tipo de resíduo. Sendo que esse último tipo de poder calorífico somando ambos os tipos de resíduos foi de  $1,467 \times 10^{10}$  kcal.

Tabela 3: Valores de Poder Calorífico segundo algumas literaturas.

Autor	Resíduo	Poder Calorífico (kcal/kg)
Silva et al. (2019)	Madeira	4327,00
	Casca	4419,00
	Lecythis sp.	4744,00
	Cordia goeldiana	4568,00
Pereira et al. (2020)	Pseudopiptadenia psilostachya	4566,00
	Caryocar villosum	4523,00
	Peltogyne sp	4299,00
	Sterculia sp	4259,00
Pinto et al. (2021)	Sterculina pruriens	4133,00
	Aveia	3953,15
Ferreira et al. (2014)	Cavaco - celulose	4064,00
	Fibras e Fiapos - celulose	3730,00
Oliveira, Trugilho e Oliveira (2021)	Semente de Açaí	4375,66

Tabela 4: Potencial em MW/ano de cada resíduo e quantidade de casas abastecidas.

Resíduo	Potencial (MW/ano)	Quantidade de casas
Cavaco	2,01	734
Serragem	1,68	612
<b>TOTAL</b>	<b>3,69</b>	<b>1392</b>

Fonte: Autoria própria (2022).

O potencial em MW/ano do cavaco e da serragem foi de 2,01 e 1,68 em sequência, totalizando 3,69 MW/ano. Teoricamente, a quantidade de casas abastecidas pelo cavaco é de 734, pela serragem são 611, totalizando 1346

residências alimentadas pela energia produzida através da utilização de resíduos de serrarias da região de Santa Teresa- ES.

## 5 CONCLUSÕES

Devido à alta quantidade de resíduos produzidos propõe-se o estudo da viabilidade econômica desse material para esta finalidade mais nobre, a geração de energia. O valor do poder energético total para as empresas analisadas apresentou a ordem de grandeza esperada e coerente, devido à quantidade de toneladas de ambos os resíduos produzidos mensalmente. O comparativo da quantidade de casas que poderiam ser abastecidas com a energia gerada por este resíduo também foi coerente, por se tratar de um consumo residencial e a quantidade de rejeitos ser alta.

O poder calorífico é importante para avaliar um combustível para gerar energia, porém não é o único, então, sugere-se o estudo mais aprofundado, testar outros parâmetros como, por exemplo, teor de umidade e análise química, realizar o processo de secagem do material, a fim de estimar a porcentagem de material seco. As atitudes citadas são algumas formas de refinar os resultados apresentados.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos proprietários e funcionários as empresas Pimenta Madeiras, ADJ Madeiras e biomassa, Serpau Madeiras, Madeira Barth, Serraria do Calote e Serraria do Vanildo pela disponibilidade, atenção e fornecimento de informações. Suas informações foram extremamente importantes para a construção desse artigo.

## REFERÊNCIAS

ANEEL (Brasília). **Atlas de energia elétrica no Brasil**. 3 ed. Brasília: Tdacomunicação, 2008. 236 p. ISBN 978-85- 87491-10-7.

ASPE. **Atlas de Bioenergia do Espírito Santo**. 2013. Vitória. Disponível em: <<https://arsp.es.gov.br/Media/arsi/Energia/Estudos%20Energ%C3%A9ticos/2013/AtlasBioenergiaES.pdf>>.

BERSCH, Aline Patricia. **Caracterização energética da madeira de diferentes materiais genéticos de Eucalyptus sp.** 2016. Universidade Federal do Paraná. Dois Vizinhos. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7873/1/DV\\_COENF\\_2016\\_1\\_01.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7873/1/DV_COENF_2016_1_01.pdf)>.

CARDOSO, André L; DINIZ, Juraci; MARTINS, Ayrton F, et.al. **Poder calorífico da casca de arroz, de pêsego, serragem de eucalipto e de seus produtos de pirólise**. 2004. UFSM.

CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DE AGRONEGÓCIO (Espírito Santo). **Dimensionamento do mercado capixaba de produtos florestais madeiráveis. Produtos materiais madeiráveis**. Espírito Santo, p. 1-111, 2011.

CERAGIOLI, Natália Sousa; GUERRA, Saulo P.S; LANÇAS, Kleber P. et, al. **Avaliação de um picador estacionário de árvores da granulometria para eucalipto**. 2012. UNESP. São Paulo. Disponível em: <[http://biomassaworld.com.br/wp-content/uploads/2016/04/avaliade-um-picador-estacionario\\_ceragioli-et-al\\_2012.pdf](http://biomassaworld.com.br/wp-content/uploads/2016/04/avaliade-um-picador-estacionario_ceragioli-et-al_2012.pdf)>.

SILVA, Lucas de Souza *et al.* Propriedades energéticas da madeira e casca de Dalbergia cearensis Ducke. **Agropecuária Científica no Semiárido**, [S.L.], v. 15, n. 3, p. 232, 15 out. 2019. Agropecuaria Científica no Semiárido. <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v15i3.1188>



SOUZA, Frederico de; VALE, Ailton Teixeira do. Densidade energética de briquetes de biomassa lignocelulósica e sua relação com os parâmetros de briquetagem. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S.L.], v. 36, n. 88, p. 405, 11 jan. 2017. Embrapa Florestas. <http://dx.doi.org/10.4336/2016.pfb.36.88.879>.

DO Couto, Gabriela Martucci. **Utilização de serragem de Eucalyptus na preparação de carvões ativados**. 2009. Minas Gerais. Disponível em: <[http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/2361/1/DISSERTA%20C3%87%20C3%83O\\_Utiliza%20a%20da%20serragem%20de%20Eucalyptus%20sp.%20na%20prepara%20carv%20ativados.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/2361/1/DISSERTA%20C3%87%20C3%83O_Utiliza%20a%20da%20serragem%20de%20Eucalyptus%20sp.%20na%20prepara%20carv%20ativados.pdf)>.

DOS REIS, Luciano Sathler; DOS REIS, Ruibrian Januário. **Potencial de Energia da Biomassa em Minas Gerais**. Belo Horizonte. 2017. Rona gráfica e editora. 380 páginas.

EM CALOR LTDA, TEC TECNOLOGIA. **Tabela: Poder calorífico inferior**. S.d. Disponível em: <<http://www.teccalor.com.br/PDF/TabelaPoderCalorifico.pdf>>.

EPE, **Anuário Estatístico de Energia elétrica 2022 (ano base 2021)**. Rio de Janeiro. 2022. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio\\_2021.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio_2021.pdf)

FERREIRA, Italo Tadeu *et al.* ESTIMATIVA DO POTENCIAL ENERGÉTICO DE RESÍDUOS CELULÓSICOS DE FABRICAÇÃO DE PAPEL ATRAVÉS DE ANÁLISE IMEDIATA. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, [S.L.], v. 3, n. 4, p. 284-297, 26 nov. 2014. Universidade

Federal do Parana. <http://dx.doi.org/10.5380/rber.v3i4.38618>.

GONÇALVES, José E; Leão, Alcides L; SARTORI, Maria M.P. **Energia de briquetes produzido com rejeitos sólidos urbanos e madeira Eucalyptus grandis**. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662009000500021](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662009000500021)>.

IDAF. Instrução normativa n. 23 de 23 de outubro de 2014. **Estabelecimento de diretrizes para licenciamento ambiental das atividades de serrarias, critérios mínimos para elas, harmoniza essas atividades com as leis ambientais**. IDAF. Vitória, 23 de outubro de 2014.

INCAPER. **Cursos para pró resina são realizados em Domingos Martins**. 2016. Espírito Santo. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/Not%C3%ADcia/cursos-do-pro-resina-sao-realizados-em-domingos-martins>> .

International Energy Agency (org.). **WORLD ENERGY BALANCES**. 2023. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/world-energy-statistics-and-balances#documentation>. Acesso em: 05 maio 2023.

MAFRA, Josiane Wendt Antunes; MIRANDA, Marcos Antônio da; SOUZA, Cássia Silva. **Silvicultura brasileira: Oportunidades e desafios da economia verde**. 2012. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/5335097/silvicultura-brasileira-oportunidades-e-desafios-da-economia-verde>>.

MORI, Fábio Akira; COVEZZI, Murilo Morgandi; MORI, Cláudia Lopes Selvati de Oliveira. **UTILIZAÇÃO DA SERRAGEM DE Eucalyptus spp. PARA A PRODUÇÃO DE TIJOLO**

**MACIÇO CERÂMICO.** Floresta, [S.L.], v. 41, n. 3, p. 641-654, 22 set. 2011. Universidade Federal do Parana. <http://dx.doi.org/10.5380/ufpr.v41i3.24057>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/24057>. Acesso em: 05 maio 2020.

OLIVEIRA, Paulo Renato Souza de; TRUGILHO, Paulo Fernando; OLIVEIRA, Tiago José Pires de. **Briquettes of acai seeds: characterization of the biomass and influence of the parameters of production temperature and pressure in the physical-mechanical and energy quality.** *Environmental Science And Pollution Research*, [S.L.], v. 29, n. 6, p. 8549-8558, 7 set. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-021-15847-6>.

PEREIRA, Alessandra Alves *et al.* Agrupamento de resíduos madeireiros do manejo florestal sustentável visando à geração de bioenergia. *Scientia Forestalis*, [S.L.], v. 48, n. 127, p. 1-14, 1 set. 2020. Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais (IPEF). <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v48n127.01>.

PINTO, Claudia Weber *et al.* **CHARACTERIZATION OF OAT BIOMASS FOR ENERGY PRODUCTION1.** *Revista Caatinga*, [S.L.], v. 34, n. 3, p. 537-547, set. 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252021v34n305rc>.

VITÓRIA, Folha. **Florestas que salvam florestas e fortalecem a economia do estado.** 2019. Vitória. Disponível em: <https://folhavitoria.com.br/economia/noticia/10/2019/florestas-que-salvam->