



## MADEIRA, ENERGIA E GERAÇÃO DE TERMOELETRICIDADE

Ananias Francisco Dias Júnior<sup>1</sup>, Artur Queiroz Lana<sup>2</sup>, Francisco Fernandes Bernardes<sup>3</sup> & José Otávio Brito<sup>4</sup>

**RESUMO:** Este documento apresenta uma análise da situação da viabilidade do uso da madeira para a geração de energia elétrica. Trata-se de uma abordagem de elementos técnicos e econômicos, acerca do tema, com o intuito de embasar justificativas para o uso da madeira para tal finalidade. Dessa forma, são descritos aspectos da madeira para geração de energia, sua importância e vantagens dentre as fontes renováveis, bem como os custos envolvidos na geração em relação aos demais combustíveis. Contém ainda, levantamentos dos envolvidos no uso da biomassa para geração de termoeletricidade e por fim, faz-se uma menção acerca das perspectivas do setor florestal sobre as concessões de novas licenças para a instalação de novas usinas termoeletricas no país. Foi constatada a existência de um crescente interesse pela inserção da biomassa florestal no contexto da geração de termoeletricidade no Brasil, sendo os incentivos de ordem ambiental e econômico, os principais responsáveis por tal situação. Há uma forte perspectiva da ocorrência no avanço do setor florestal, sobretudo, no que diz respeito à intensificação do uso de resíduos florestais já disponíveis, bem como no estabelecimento de florestas especificamente destinadas à geração de termoeletricidade. Para os cenários futuros, certamente, irão pesar as decisões de ordem governamental, quando relacionado às políticas de ordem tarifárias ligadas à geração e distribuição de energia elétrica no país.

**PALAVRAS CHAVE:** energia de biomassa; energia elétrica; termoeletricidade.

### WOOD, ENERGY AND THERMOELECTRICITY GENERATION

**ABSTRACT:** This paper presents an analysis of the viability to generate electricity from wood biomass. It is an approach of technical and economic elements on this subject, in order to justify the use of wood for this purpose. Thus, aspects of wood for energy generation, its importance and advantages, and the costs compared to other fuels are described. This study also contains surveys about the use of wood biomass to generate thermoelectricity and finally, mention the prospects of the forest sector on new license grants for power plants installation in Brazil. There is a growing interest in the inclusion of forest biomass in the context of thermoelectricity generation and the incentives of environmental and economic order are the main responsible for this situation. There is a strong perspective of the event in advance of the forestry sector, especially regarding the use of forest residues already available and the establishment of forests aiming specifically thermoelectricity generating. For future scenarios, the insertion of wood biomass in the thermoelectricity scene will depend on the governmental policies on generation and distribution of electricity in Brazil

**KEYWORDS:** biomass energy; electricity; thermoelectricity.

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de energia pelo uso de combustíveis fósseis conduziu a utilização de uma matriz, considerada insegura, e extremamente prejudicial ao ambiente. Isso permitiu que muitos países considerassem a necessidade de mudanças, intensificando a inserção de outras fontes energéticas, sobretudo as renováveis, incluindo-se a madeira (BRITO, 2007; WOLF et al., 2016).

A madeira sempre ofereceu histórica contribuição para o desenvolvimento da humanidade, tendo sido sua primeira fonte de energia, inicialmente empregada para o aquecimento e cocção de alimentos (BRITO, 2007; WARNES, 2008; DIAS JÚNIOR et al., 2015). Ao longo dos tempos, passou a ser utilizada como combustível

sólido, líquido e gasoso, principalmente, em processos para a geração de energia térmica, mecânica e elétrica (BRITO, 2007).

A retomada da madeira para geração de energia é bem evidente nesses últimos anos adicionado ao espaço da sua valorização junto ao panorama energético brasileiro. Isso poderia incluir, por exemplo, a complementação da geração hidrelétrica por meio de usinas termelétricas, queimando madeira produzida pelo manejo sustentado de florestas (BRITO, 2007). Porém, há de se considerar os obstáculos a serem superados, relacionados à área institucional decorrentes da própria natureza dessa forma de energia.

A eletricidade constitui um importante fator para o desenvolvimento, principalmente, no meio rural (MULLER, 2005). Segundo o autor, 7 a 9% da população não possuem acesso a energia elétrica, significando aproximadamente a necessidade de 15-20 MW. Tal fato implica fortemente no nível de renda da população. Exemplo disso é o de que, segundo

<sup>1, 2 e 3</sup> Doutorando em Recursos Florestais. ESALQ – USP. E-mail: [ananiasjr@usp.br](mailto:ananiasjr@usp.br); [arturqlana@usp.br](mailto:arturqlana@usp.br); [franciscobernardes@usp.br](mailto:franciscobernardes@usp.br)  
<sup>4</sup> Professor Dr. Titular. Departamento de Ciências Florestais ESALQ USP. E-mails: [jobrito@usp.br](mailto:jobrito@usp.br)

levantamento do Banco Mundial, para cada R\$ 1,00 investido em eletrificação, seriam gerados R\$ 3,00 na economia local (RAPOSO, 1999).

É diante desse cenário que as fontes renováveis, como a madeira e resíduos de biomassa representam importantes sistemas para suprimento de energia, principalmente para o atendimento em pequenas escalas.

Muller (2005) destaca que as vantagens da biomassa se concentram pelos resultados do processo de conversão a qual pode gerar três diferentes tipos de combustíveis (sólido, líquido ou gasoso), o que se configura em uma vantagem em relação às outras fontes energéticas, uma vez que confere certa flexibilidade de adaptação tecnológica de acordo com a situação. Outra característica importante desse recurso são as variedades encontradas com potencial para aproveitamento energético, quais sejam: resíduos culturais agrícolas e florestais (provenientes das atividades de cultivo – manutenção, tratos culturais e colheita), resíduos industriais (resultantes do processamento da matéria prima – serrarias, produção de cana-de-açúcar, produção de celulose e papel, etc.) e plantios energéticos (MULLER, 2005).

A biomassa florestal representa, portanto, a terceira fonte de energia da matriz nacional. Ciente dos avanços tecnológicos conquistados na área da geração de eletricidade, a partir de biomassa, quanto na silvicultura brasileira vislumbra-se um cenário favorável ao desenvolvimento de plantações energéticas como fonte de matéria-prima para geração elétrica (MULLER, 2005).

As principais vantagens provenientes dos povoamentos florestais cultivados com finalidade energética são: homogeneidade do material, aumento da densidade energética espacial, disponibilidade x distribuição espacial, demanda e oferta, sendo esta dependente apenas do planejamento da produção florestal e fertilidade do solo (retorno de nutrientes pelo processo de mineração da biomassa deixada no campo) (MULLER, 2005).

A tecnologia consolidada no Brasil para geração de eletricidade a partir da biomassa é a do ciclo a vapor em pequenas escalas (termoelétricas), com a queima exclusiva de resíduos ou conjunta com outros combustíveis (BARROS; VASCONCELOS, 2001; MACEDO, 2003). Em 2002, existiam no Brasil, 18 usinas do tipo UTE (Usinas Termelétricas) em operação, à base de resíduos de madeira, gerando 160.632 kW (BRASIL, 2002). Neste ano havia ainda a existência de duas usinas em construção com capacidade de gerar 19.500 kW e outras 12 usinas outorgadas, com previsão de geração de mais 66.832 kW.

Diante disso, os cultivos florestais têm um potencial bastante promissor como fonte de energia elétrica com base no conceito de termoeletricidade (MACEDO, 2003; VERWIJST, 2004). As altas produtividades obtidas por

esses cultivos (*Eucalyptus* sp) podem reduzir os custos para geração de eletricidade, tornando um investimento mais atrativo (MACEDO, 2003).

É diante o exposto, que este trabalho apresenta um levantamento dos aspectos relacionados ao uso da madeira para geração de energia, sobretudo, da termoeletricidade.

## 2 METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido a partir de dados coletados na literatura especializada da área relacionada.

Procurou-se levantar os aspectos relacionados ao uso da madeira para fins de geração de energia, com ênfase em termoeletricidade. Pesquisou-se as principais vantagens e desvantagens dessa matéria prima, custos e perspectivas do crescimento desse setor na visão dos principais agentes nacionais.

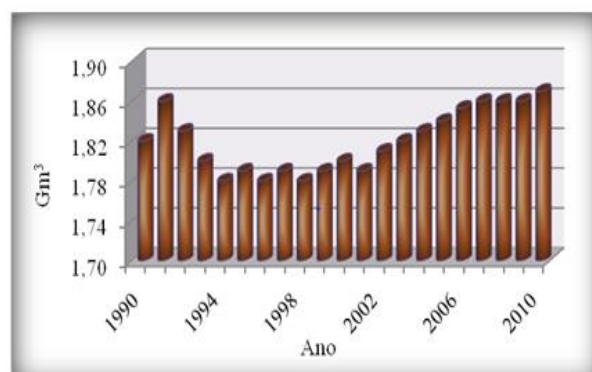
Os dados obtidos foram em seguida organizados e analisados visando o detalhamento, aplicação e melhor entendimento para os leitores.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 ASPECTOS QUANTITATIVOS DA APLICAÇÃO DA MADEIRA PARA ENERGIA

Os problemas ambientais gerados pelo uso de combustíveis fósseis têm exigido transformações na matriz energética mundial, induzindo a participação das fontes alternativas, sobretudo visando a redução das emissões de gases de efeito estufa. Nesse contexto, a biomassa florestal representada, principalmente pela madeira, tem recebido atenção especial.

O século passado vinha sendo marcado pela redução mundial de oferta-consumo de madeira para energia, uma vez que o atendimento do crescente consumo global de energia vinha sendo atendido, substancialmente, pelo uso do carvão mineral, petróleo, fonte nuclear e hidroeletricidade. Uma reversão nesta tendência ocorreu quando, próximo ao final do século, houve a retomada de crescimento do uso da madeira para tal finalidade (Figura 1).

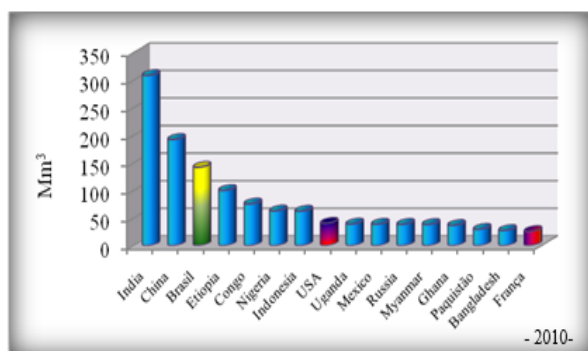


**Figura 1** - Evolução da produção mundial de madeira para energia. Fonte: FAO (2012) citado por Brito (2013).

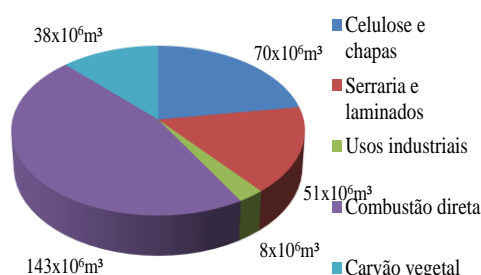
Segundo Brito (2013), essa tendência apresentou-se como reflexo da “redescoberta” da madeira no seu papel energético, por conta das crises envolvendo o preço do petróleo e do anúncio de que este seria um recurso finito. Na mesma época, houve também o crescimento da consciência da sociedade, quanto à necessidade de se empregar recursos energéticos renováveis e sustentáveis. Nos últimos tempos, apesar da redução na taxa inicialmente observada, certamente, reflexo da crise econômica global, que refreou a demanda por energia, o crescimento no consumo de madeira ainda continua.

Os dados apurados pelo autor apontam ainda a madeira como a mais importante fonte mundial de energia renovável, respondendo por mais de 9% da oferta global de energia primária. A sua utilização iguala-se à soma de todas as demais fontes mundiais de energia renovável (hidráulica, geotérmica, biogás, resíduos florestais, energia solar e biocombustíveis líquidos).

O Brasil se encontra entre os maiores países consumidores de madeira para energia do mundo (Figura 2 e Figura 3), espelhando a situação global, em que cerca da metade de toda a madeira consumida tem destinação energética, sobretudo via combustão direta.



**Figura 2** - Principais consumidores mundiais de madeira para energia. Fonte: FAO (2012) citado por Brito (2013).



**Figura 3** - Principais usos da madeira no Brasil. Fonte: FAO (2012b), citado por Brito (2013).

Os dados oficiais sobre a oferta-consumo de madeira para energia no Brasil, certamente, trazem apenas uma contabilidade parcial, frente à existência de uma parcela

significativa desse combustível, que não é computada, por ser obtida e aplicada de modo informal. Isso ocorre junto ao setor residencial, agrícola e em parte do setor industrial, em áreas mais remotas, em que o combustível, em geral, é proveniente de matas nativas, com exploração legalizada ou não. De fato, a inexistência de informações mais completas sobre a real situação da oferta-consumo da madeira para energia em nosso país é uma das maiores deficiências existentes relativas ao tema.

Uma maior precisão quanto aos dados estatísticos sobre madeira para energia no Brasil pode ser encontrada junto aos setores que se ocupam do uso da chamada “madeira industrial”, cuja oferta é suprida pela biomassa gerada em florestas plantadas.

Segundo o Instituto Brasileiro de Árvores - IBÁ (2016), o consumo total de madeira industrial atingiu, em 2015, a ordem dos 194,84 milhões de metros cúbicos (Tabela 1). O setor de celulose e papel foi o principal consumidor dessa madeira, com a geração de energia colocando-se em segundo lugar representando, respectivamente, 52,27% e 21,25% do total (lenha industrial e carvão vegetal).

**Tabela 1** - Consumo de madeira pelo setor industrial brasileiro no ano de 2015.

| Segmento                           | Milhões (m³) |
|------------------------------------|--------------|
| Celulose e papel                   | 74,01        |
| Lenha industrial                   | 52,27        |
| Carvão vegetal                     | 21,25        |
| Serrados e outros produtos sólidos | 30,44        |
| Painéis de madeira                 | 13,30        |
| Cavacos de madeira e outros        | 1,92         |
| Madeira tratada                    | 1,65         |
| Total                              | 194,84       |

Fonte: IBÁ (2016).

### 3.2 VANTAGENS COMPETITIVAS ECONÔMICAS DO USO DA MADEIRA PARA ENERGIA

Sem dúvida, além das vantagens ambientais, a busca pelo uso da madeira para energia também se atrela às vantagens econômicas. A Tabela 2 apresenta alguns valores para os preços médios dos combustíveis mais utilizados na indústria brasileira, em que se pode constatar o valor competitivo para a madeira na sua forma de lenha.

**Tabela 2** - Custo médio do Giga Joule contido no combustível.

| Combustível      | U\$                                 | Densidade de (kg m <sup>-3</sup> ) | Preço (R\$ kg <sup>-1</sup> ) | PCI (GJ kg <sup>-1</sup> ) | R\$ GJ <sup>-1</sup> |
|------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------|
| Lenha            | 23 m <sup>-3</sup>                  | 390                                | 0,13                          | 0,0129                     | 9,81                 |
| Óleo Combustível | 522 t <sup>-1</sup>                 | 1000                               | 1,3                           | 0,0401                     | 32,31                |
| Óleo Diesel      | 1067 m <sup>-3</sup>                | 840                                | 2,99                          | 0,0422                     | 70,59                |
| Gás Natural      | 586 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> | 0,74                               | 1,02                          | 0,0415                     | 24,51                |

Fonte: EPE (2015).

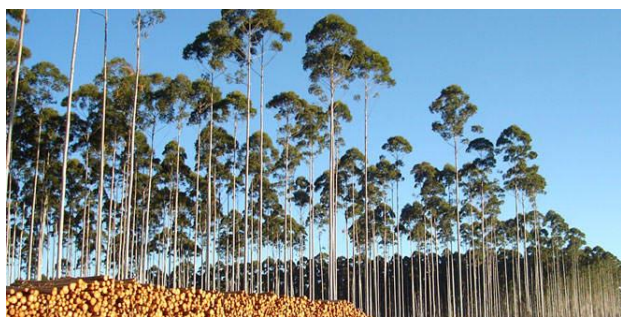
Miranda (2015) propõe um interessante exercício teórico sobre a substituição de combustíveis derivados do petróleo por biomassa de floresta plantada. Usando os dados de consumo de alguns combustíveis fósseis, o autor transformou os valores em equivalentes em madeira. O resultado encontrado foi o de que, para tal suprimento, seria necessário um total anual de cerca de 116 mil metros cúbicos dessa biomassa, conforme a Tabela 3.

**Tabela 3 - Consumo de combustíveis pelo setor industrial e equivalência em biomassa florestal.**

| Fonte                      | Consumo (10 <sup>3</sup> tep.) | Equivalência                  |  |
|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--|
|                            |                                | t. madeira (10 <sup>3</sup> ) | m <sup>3</sup> .madeira (10 <sup>3</sup> ) |
| Gás natural                | 9.849                          | 39.712,4                      | 79.424,8                                   |
| Óleo diesel                | 1.038                          | 4.183,6                       | 8.367,2                                    |
| Óleo combustível           | 2.587                          | 10.430,0                      | 20.859,9                                   |
| Gás liquefeito de petróleo | 1.005                          | 4.050,6                       | 8.101,2                                    |
| Total                      | 14.477                         | 58.376,6                      | 116.753,1                                  |

Em que: tep = tonelada equivalente de petróleo. Fonte: Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2014), Miranda (2015).

Ainda segundo o autor, considerando apenas a metade desse consumo, ou seja, 58 milhões de metros cúbicos seriam necessários o plantio de cerca de 1,46 milhões de hectares de florestas para sustentar a oferta. Isso representaria em torno de 24% da já existente área de florestas plantadas em nosso país. No aspecto social, haveria um potencial de geração de aproximadamente 845 mil empregos diretos e indiretos com a implantação da atividade. O autor expõe ainda que, comparativamente ao uso da biomassa florestal, a geração de energia térmica mediante o uso dos combustíveis fósseis apresentaria um custo superior de, no mínimo, 34%. Um exemplo de plantio de *Eucalyptus* sp é demonstrado na Figura 4.



**Figura 4. Plantio silvicultural de Eucalyptus sp.**

Ainda a título ilustrativo, Miranda (2015), faz referência a um dos grandes consumidores de madeira na forma de lenha, que é a indústria de laticínios, principalmente para geração de vapor. A Tabela 4 apresenta os custos da tonelada de vapor, considerando apenas os valores referentes à aquisição de diferentes combustíveis. Os

dados demonstram o potencial econômico da madeira, na sua forma de lenha e cavacos.

**Tabela 4 - Custo de produção de vapor na indústria de laticínios.**

| Combustível      | Densidade (kg m <sup>-3</sup> ) | Demanda (m <sup>3</sup> ) | Unidade        | Preço/unidade (R\$) | Custo vapor (R\$ ton <sup>-1</sup> ) |
|------------------|---------------------------------|---------------------------|----------------|---------------------|--------------------------------------|
| Madeira-Lenha    | 500                             | 315.096                   | m <sup>3</sup> | 75,00               | 44,11                                |
| Cavacos-resíduos | 333                             | 354.837                   | m <sup>3</sup> | 45,00               | 29,81                                |
| Óleo combustível | 980                             | 34.223,588                | Lt             | 1,57                | 100,30                               |
| Óleo diesel      | 840                             | 33.558,443                | Lt             | 2,25                | 140,94                               |
| Gás natural      | 0,74                            | 42.749,224                | m <sup>3</sup> | 0,50                | 39,90                                |

Fonte: Miranda (2015).

### 3.3 MADEIRA E GERAÇÃO DE TERMOELETRICIDADE

As bases da política energética no Brasil são traçadas pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). Dentre as macrodiretrizes traçadas por este Conselho destaca-se a que tem como foco o uso de fontes renováveis, com a finalidade de reduzir as emissões de carbono ao ambiente. Tal referência tem induzido ao aumento de interesses pelo uso de biomassa na geração de termoelectricidade (LOG, 2015).

Fato importante ser mencionado foi o lançamento, pelo Governo Federal, no ano de 2002, por meio da Lei 10.438, do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia – PROINFA. O intuito era aumentar a participação de pequenos produtores e produtores independentes de energia elétrica no Brasil. No marco regulatório, em 2004, a energia no ambiente regulado passou a ser contratada através de um sistema de leilões simplificados.

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2015), a geração de energia elétrica no Brasil, no ano de 2014, considerando as centrais de serviço público e os autoprodutores, foi de 590,5 TWh. Pelo terceiro ano consecutivo, devido às condições hidrológicas desfavoráveis observadas ao longo do período, houve redução da oferta de energia hidroelétrica. Em 2014, a redução da oferta interna de energia foi de 5,6%, provocando importantes decréscimos na participação de energias renováveis na matriz elétrica, que naquele ano, foi de 65,2%, contra os 79,3% observados em 2012.

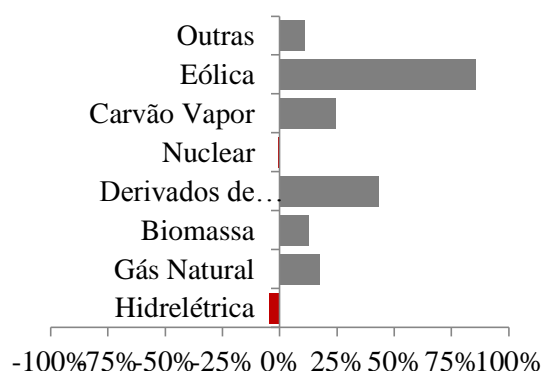
Destaque-se que, ao lado de tal redução de oferta, houve um aumento no consumo final de eletricidade no país no ano de 2014, em relação ao ano anterior. Tal consumo foi suprido mediante a expansão da geração térmica, especialmente das usinas movidas a carvão mineral, gás natural e biomassa, cujas participações na matriz elétrica, na comparação de 2014 com 2013, cresceram de 2,6 para 3,2%, de 11,3%, para 13,0 e de 6,6 para 7,4%,

respectivamente. No mesmo período, considerando o caso específico do uso da lenha, houve um aumento de 11% na geração elétrica, considerando as centrais públicas e as de autoprodução, atingindo um valor de 1.952 GWh, em 2014. Para efeito comparativo, a geração de eletricidade a partir do bagaço de cana foi de 32.303 GWh e a partir da lixívia 10.478 GWh.

Deve-se salientar que a lixívia corresponde ao resíduo de biomassa contido no licor usado no processo de produção de celulose. Essa biomassa é, essencialmente, composta por lignina sendo, portanto, parte da madeira obtida das florestas plantadas para aquele fim. Somando-se a energia gerada do uso direto da madeira nas centrais de produção e aquela proveniente da combustão da lixívia, o total da contribuição da biomassa florestal para a geração de energia elétrica foi de 12.430 GWh.

Conforme mencionado, tem havido uma importante inserção da energia elétrica de origem térmica. A maior parte é composta por usinas termelétricas de médio porte, movidas a gás natural, biomassa, óleo diesel, óleo combustível e carvão mineral. No caso da biomassa, segundo Brasil (2016), existem no Brasil 519 usinas utilizando esse tipo de combustível, sendo a maioria a partir do bagaço de cana de açúcar. Ainda segundo a ANEEL, existem cerca de 50 termelétricas usando resíduos florestais, 17 usando lixívia (licor negro), 7 a carvão vegetal e 394 a bagaço de cana de açúcar, dentre outras.

Considerando o período entre 2013 e 2014, houve um aumento expressivo da produção de eletricidade com uso de biomassa (12,7%), incluindo lenha, bagaço de cana e lixívia, conforme ilustra a Figura 5.



**Figura 5 - Variação da geração de eletricidade por fonte entre 2013 e 2014.**

Fonte: Adaptado de EPE (2015).

A contratação de energia gerada em termelétricas movidas a cavacos de madeira nos últimos leilões realizados pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) vem consolidando uma nova tendência no setor de florestas, sobretudo, envolvendo florestas plantadas. Em momentos distintos do período entre 2013 e 2014, foram contratados um total de 644,8 MWh,

sendo 316,8 MWh para início de fornecimento em 2018 e 328 MWh para o ano de 2019, correspondendo a quatro novos empreendimentos baseados em florestas. Como referência para esta ordem de grandeza, ao final de 2014, as usinas termelétricas (ex. Figura 6) que utilizavam como combustível de origem florestal correspondiam a um total de instalado de 359 MWh (BIOMASSA BR, 2016).



**Figura 6 - Usina Termelétrica Luiz Carlos Prestes (Três lagoas/MS). Fonte: Portal 3lagoas (2017)**

Uma das justificativas pelo aumento no interesse pela implantação de termelétricas baseadas na biomassa florestal é a existência de preços mais favoráveis pagos pela energia gerada a partir desta fonte. Segundo o Biomassa BR (2016), no ano de 2013, a energia gerada utilizando-se como combustível bagaço de cana e cavacos de madeira foi contratada na ordem de R\$135,00 o MWh. Já ao final de 2014, os preços situaram-se entre R\$ 197 a R\$ 207 o MWh, sendo o último valor para a energia elétrica com cavaco de madeira.

Estudos técnicos que vêm sendo realizados com apoio da CALDEMA (fabricante de caldeiras de alta pressão com base em biomassa), TGM (fabricante de turbinas) e DE SMET EMPRAL (elaboração e implantação de projetos), tradicionais fornecedores do setor sucroalcooleiro, demonstram ser a geração de energia utilizando-se cavacos de madeira, semelhante à geração utilizando-se o bagaço de cana, tanto relacionado ao nível tecnológico, este já consolidado, quanto ao comparado à escala de energia gerada por unidade termelétrica. Este é um ponto relevante para o setor florestal (BRASIL FLORESTA, 2016).

Importante ser mencionado que, a Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico de Mato Grosso do Sul, informa que, em 2016, houve a concessão de licenças prévias para instalação de 10 usinas termelétricas de biomassa a serem implantadas nos municípios de Ribas do Rio Pardo, Aparecida do Taboado e Sonora. O investimento é de R\$ 2,76 bilhões, com potencial de geração de energia de 535,75 MW. As licenças foram assinadas e entregues aos grupos Guarany Energética, Eldorado, Florestas do Paraná Energia e Cia Positiva de Energia, que participam do Leilão A-5 2016

da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). A previsão é para fornecimento a partir de 2021 (INSTITUTO DE MEIO AMBIENTE DE MATO GROSSO DO SUL - IMASUL, 2015).

Merecem ainda serem citados os casos das empresas YPE Renováveis (Yser Participações Energia S.A.), que possui três projetos de unidades termelétricas em andamento: UTE Esperança, no Estado de Minas Gerais, a UTE Costa Rica I, no Estado de Mato Grosso do Sul e a UTE Acre no Estado do Acre, todas para geração a partir de cavacos de madeira de pinus e potencial de geração 164 MW, para comercialização de energia por contratos de longo prazo. Segundo a Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia - ABRACEEL (2014), os dois últimos projetos já foram habilitados pela ANEEL e somam um investimento de R\$ 1,72 bilhões, ou seja, investimentos de mais de 5,2 milhões por MW gerado, com preços de comercialização estimados em R\$ 206,9/MWh (Acre) e R\$ 207,32/MWh (Mato Grosso do Sul).

#### 4 CONCLUSÕES

Há um crescente interesse pela inserção da biomassa florestal no contexto da geração de termoeletricidade no Brasil, sendo os incentivos de ordem ambiental e econômico, os principais responsáveis por tal situação.

Há uma forte perspectiva da ocorrência no avanço do setor florestal, sobretudo, no que diz respeito à intensificação do uso de resíduos florestais já disponíveis, bem como no estabelecimento de florestas especificamente destinadas à geração de termoeletricidade.

O Brasil possui uma vasta quantidade de áreas disponíveis para a implantação de empreendimentos florestais, bem como encontra-se disponível um parque tecnológico de alta performance para o plantio de florestas destinadas à produção de madeira. Tais aspectos estão associados a um perceptível e crescente interesse empresarial pela geração de termoeletricidade, mediante o uso dessa biomassa. Para os cenários futuros irão pesar as decisões de ordem governamental relacionada às políticas de ordem tarifárias para geração e distribuição de energia elétrica no país.

#### 5 AGRADECIMENTOS

Ao Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas concessões da bolsa de estudo

#### 6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS  
COMERCIALIZADORES DE ENERGIA -

ABRACEEL. **Vitória no A-5 marca entrada da YPE Renováveis na geração de energia no Brasil**. Brasília, 2014. Disponível em: <[http://www.abraceel.com.br/zpublisher/materias/clipping\\_web.asp?id=104541](http://www.abraceel.com.br/zpublisher/materias/clipping_web.asp?id=104541)>. Acesso em: 28 fev. 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília, DF: ANEEL, 2002. 153 p.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Matriz de energia elétrica**. Brasília, DF: ANEEL, 2016. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>>. Acesso em: 28 fev. 2016.

BARROS, D. M.; VASCONCELOS, E. C. Termelétricas a lenha. In: MELLO, M. G. (Ed.). **Biomassa: energia dos trópicos em Minas Gerais**. Belo Horizonte: LabMídia/FAFICH, 2001. p. 221-241.

BIOMASSA BR. **Uso da madeira de eucalipto entre a produção de carvão vegetal e geração de energia elétrica**. Curitiba, 2016. Disponível em: <<http://www.biomassabr.com/bio/resultadonoticias.asp?id=3889>>. Acesso em: 28 fev. 2016.

BRASIL FLORESTA. **Geração de energia com biomassa**. Curitiba, 2016. Disponível em: <<http://brasilfloresta.face-news.com/2016/02/02/geracao-de-energia-com-biomassa>>. Acesso em: 28 fev. 2016.

BRITO, J. O. Madeira e energia. In: SANTOS, F.; COLODETTE, J.; QUEIROZ, J. H. **Bioenergia e Biorrefinaria: cana-de-açúcar e espécies florestais**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2013. 551 p.

BRITO, J. O. O uso energético da madeira. **Estudos Avançados**, Piracicaba, v. 21, n. 59, p. 185-193, 2007.

DIAS JÚNIOR, A. F.; ANDRADE, C. R.; BRITO, J. O.; MILAN, M. Desdobramento da função de qualidade (QFD) na avaliação da qualidade do carvão vegetal utilizado para cocção de alimentos. **Floresta & Ambiente**, Seropédica, v. 22, n. 2, 2015.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Balanco Energético Nacional**. Brasília, 2014. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2014.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2014.pdf)>. Acesso em: 28 fev. 2016.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Balanco Energético Nacional**. Brasília, 2015. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2015.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf)>. Acesso em: 28 fev. 2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Management of**

**Energy**. Roma, 2012. 169 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/energy/81350/en/>>. Acesso em: 29 fev. 2016.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ. **Relatório Anual**. Brasília, 2016. Disponível em: <[http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA\\_RelatorioAnual2016\\_.pdf](http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2017.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE DE MATO GROSSO DO SUL - IMASUL. **Desenvolvimento**. Campo Grande, 2015. Disponível em: <<http://www.noticias.ms.gov.br/imasul-entrega-licencas-para-10-termeletricas-de-biomassa-que-vaio-investir-r-27-bi-em-ms-e-gerar-535-mw-de-energia>>. Acesso em: 14 mar. 2016.

LOG - ESTRATÉGIA, DESENVOLVIMENTO E GESTÃO. **Eucalipto: Realidade Energética de Alagoas**. Maceió, 2015. 75 p. Disponível em: <[http://www.logestrategia.com.br/cms/assets/uploads/\\_PUBLICACOES/\\_PDF/f405e06001c8252b3108f8e5773d33d5\\_EUCALIPTO%20FINAL.pdf](http://www.logestrategia.com.br/cms/assets/uploads/_PUBLICACOES/_PDF/f405e06001c8252b3108f8e5773d33d5_EUCALIPTO%20FINAL.pdf)>. Acesso em: 29 fev. 2016.

MACEDO, I. C. **Estado da arte e tendências tecnológicas para energia**. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2003. 90 p.

MIRANDA, A. S. M. **Potencial da biomassa florestal para produção de energia térmica industrial**. 2015. 48 p. Dissertação (Mestrado em Nome do programa) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MULLER, M. D. **Produção de madeira para geração de energia elétrica numa plantação clonal de eucalipto em Itamarandiba, MG**. 2005. 108 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PORTAL 3LAGOAS. **Termelétrica Luis Carlos Prestes em Três Lagoas**. Três Lagoas, MS, 2017. Disponível em <<http://www.3lagoas.com.br/turismo/arquitetonico/termelétrica-luis-carlos-prestes>>. Acesso em 22 dez. 2017.

RAPOSO, P. Programa leva energia ao campo. **Gazeta Mercantil**. [S/L], 11 set. 1999.

WARNES, A. **Savage barbecue: race, culture and the invention of america's first food**. Geórgia: British Library, 2008. 201 p.

WOLF, C.; KLEIN, D.; RICHTER, K.; WEBER-BLASCHKE, G. Mitigating environmental impacts through the energetic use of wood: regional displacement factors generated by means of substituting. **Science of the Environment**, Rockville, n. 569, p. 395-403, 2016.