

ENERGIA EÓLICA, SOLAR E DE BIOMASSA: USO, PERSPECTIVA E DESAFIOS

Marina Raisia Vilela da Silva¹
Rodrigo Ferraz Ramos²
Italo Kael Gilson³
Rafaela Roberta Morelato⁴
André Luiz Radunz⁵
Liziara da Costa Cabrera^{6*}

RESUMO: As energias renováveis são aquelas que provem direta ou indiretamente da energia solar. São classificadas como renováveis, pois contrariamente ao uso de derivados dependentes do petróleo, não possuem um limite finito, sendo assim, potencialmente inesgotável. O uso das energias renováveis representa 13,8% da matriz energética mundial, chegando a 41% no Brasil. Entre as principais energias renováveis com forte potencialidade de expansão destaca-se a energia eólica, solar e de biomassa. As duas primeiras representam uma esperança futura para a produção de energia renovável e de baixo custo. A energia solar e eólica é considerada formas de energia limpa, pois apresentam baixos índices de produção de poluentes em todas as fases, seja produção, distribuição ou consumo. A energia de biomassa divide-se em tradicional, referente ao uso bruto de madeira de desmatamento e, a biomassa moderna, representando os setores do biodiesel, etanol, dendroenergia e biogás. Devido a demanda energética crescente, em concomitante com as pressões para a preservação dos recursos naturais, observa-se que a energia solar, eólica e de biomassa representam alternativas economicamente viáveis e ambientalmente sustentáveis.

Palavras-chave: Energias Renováveis; Matriz Energética; Sustentabilidade.

WIND, SOLAR AND BIOMASS ENERGY: USE, PERSPECTIVE AND CHALLENGES

ABSTRACT: Renewable energies are those that come directly or indirectly from solar energy. They are classified as renewable because of the: use of petroleum-dependent derivatives, with a limited resource, thus potentially inexhaustible. The use of renewable energy represents 13.8% of the world's energy matrix, reaching 41% in Brazil. Among the main renewable energies with potential for expansion, wind, solar and biomass stand out. The first two represent future hope for low-cost renewable energy production. Solar and wind energy are considered as clean forms of energy, as they have low levels of pollutant production at all stages production, distribution or consumption. Biomass energy is divided into traditional, referring to the gross use of deforestation wood and modern biomass, representing the biodiesel, ethanol, dendroenergy and biogas sectors. Due to the increasing energy demand, together with the pressures for the preservation of natural resources, it's observed that solar, wind and biomass energy represent economically viable and environmentally sustainable alternatives.

Keywords: Renewable Energy; Energy matrix; Sustainability

¹Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária - Universidade Federal da Fronteira Sul- E-mail: marinavillella0405@gmail.com

²Mestrando em Ciências dos Solos - Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: rodrigoferrazramos@gmail.com

³Graduando em Agronomia na Universidade Federal da Fronteira Sul – E-mail: kael.gilson1988@gmail.com

⁴Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária - Universidade Federal da Fronteira Sul- E-mail: rafaelarobertamorelato@hotmail.com;

⁵ Prof Dr Agronomia - Universidade Federal da Fronteira Sul- E-mail: andre.radunz@uffs.edu.br

^{6*} Profa Dra Química - Universidade Federal da Fronteira Sul E-mail: liziara.cabrera@uffs.edu.br, autor de correspondência.

INTRODUÇÃO

Fontes de energia alternativas derivam do meio ambiente e são obtidas de fontes inesgotáveis, ao contrário dos combustíveis fósseis. Sua importância está principalmente no fato de fornecer energia de forma “limpa”, com menor incidência de danos ao meio ambiente. Além disso, elas reduzem a dependência de fontes de combustível estrangeiras e nucleares. Entre as principais fontes alternativas e renováveis de energia destaca-se a solar, eólica e de biomassa.

No mundo, as energias renováveis representam 13,8%, ao passo que no Brasil são 41%, das quais 12,5% é de energia hidráulica, 8,3% de lenha e carvão vegetal (biomassa), 16,1% de derivados de cana de açúcar (biomassa) e 4,2% são outras renováveis (energia eólica e a solar) (GOLDEMBERG, 2015). Nesse sentido, o Brasil destaca-se no cenário mundial na produção e uso de energias renováveis, com grande potencialidade para a energia eólica, solar e de biomassa.

A energia eólica, energia gerada com a utilização dos ventos, ainda é pouco utilizada, mas é um dos tipos de energia que mais pode ser explorado no Brasil devido ao grande potencial eólico concentrado nas regiões litorâneas e no Nordeste (AMARANTE, 2001). Porém, a quantidade de energia disponível varia de acordo com as estações do ano, o horário e a quantidade de eletricidade, que depende diretamente de fatores como a quantidade de vento que passa na hélice, diâmetro da hélice, dimensão do gerador e o rendimento do sistema (TOURKOLIAS; MIRASGEDIS, 2011).

A energia solar, energia provinda da luz solar, é uma das opções de energias alternativas que pode ser obtida de forma direta ou indireta. Na forma direta, a obtenção é por meio de células fotovoltaicas onde a luz solar, ao atingir as células, é convertida em eletricidade. Porém, o custo das células fotovoltaicas é elevado, podendo limitar a expansão do seu uso.

Na forma indireta, é necessária a construção de usinas em extensas áreas de insolação e, nesses locais, são espalhados coletores solares. A energia solar não é tão utilizada, pois os custos são altos para obtê-la e, dessa forma, ainda é necessário mais desenvolvimento e eficiência para que os custos sejam reduzidos.

A energia de biomassa é aquela fornecida por materiais de origem vegetal renovável ou obtida pela decomposição de dejetos variados (aves, suínos, gado, etc). A energia de biomassa pode ser dividida em tradicional, relacionada a extração insustentável de madeira, e biomassa moderna, representada pela produção de etanol, biogás, biodiesel e dendroenergia (GOLDEMBERG, 2017).

Devido aos problemas oriundos do uso dos combustíveis a base de petróleo e de sua provável escassez futuramente, a energia de biomassa torna-se uma alternativa economicamente viável, pela diversidade de aplicações, e sustentável, por ser renovável (EICHLER et al., 2015).

Com o crescimento da preocupação ambiental populacional e a demanda por alternativas de geração de energia menos agressivas, a utilização de sistemas provindos de energia renovável vem crescendo e tornando mais comum a utilização dos sistemas energéticos eólico, solar e de biomassa.

Diante do exposto, o objetivo do presente artigo será discorrer acerca do uso, perspectivas e desafios das seguintes energias renováveis: eólica, solar e de biomassa.

1. Energia Eólica

Denomina-se energia eólica a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). (ANEEL, 2008) Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores, para a geração de eletricidade, ou cata-ventos, para trabalhos mecânicos como bombeamento d'água.

Assim como a energia hidráulica, a energia eólica é utilizada há milhares de anos com as mesmas finalidades: bombeamento de água, moagem de grãos e outras aplicações que envolvem energia mecânica.

Para a geração de eletricidade, as primeiras tentativas surgiram no final do século XIX, mas somente um século depois, com a crise internacional do petróleo (década de 1970), é que houve interesse e investimentos suficientes para viabilizar o desenvolvimento e aplicação de equipamentos em escala comercial (ANEEL, 2008).

A energia do vento é bastante consistente ao longo de intervalos anuais, mas tem variações significativas em escalas de tempo curtas. À medida que cresce a proporção de energia eólica numa determinada região, torna-se necessário aumentar a capacidade da rede de modo a absorver os picos de produção, através do aumento da capacidade de armazenamento, e de recorrer à importação e exportação de eletricidade para regiões adjacentes quando há menos procura ou a produção eólica é insuficiente (MTEC-energias).

1.1. Custos

A maioria das formas de geração de eletricidade requerem altíssimos investimentos de capital e baixo custo de manutenção. Isto é particularmente verdade para o caso da energia eólica, onde os custos com a construção de cada aerogerador de alta potência podem alcançar milhões de reais e, os custos com manutenção são baixos, enquanto que o custo com combustível é zero.

Na composição do cálculo de investimento e custo nesta forma de energia levam-se em conta diversos fatores, como a produção anual estimada, as taxas de juros, os custos de construção, de manutenção, de localização e os riscos de queda dos geradores (LOPEZ, 2012). Sendo assim, os cálculos sobre o real custo de produção da energia eólica diferem muito, de acordo com a localização de cada usina.

Com o desenvolvimento de novas tecnologias, é possível criar sistemas residências para o aproveitamento eólico através de minigeradores (PINHO et al., 2004). Apesar de não apresentarem o mesmo rendimento de grandes geradores, os minigeradores vêm ganhando espaço no mercado devido o sistema de compensação de energia, criado em abril de 2012, quando a ANEEL publicou a Resolução Normativa 482/2012, que consiste na troca de energia gerada de forma residencial com a energia provinda das redes elétricas.

Assim, toda energia produzida nas residências é transferida para a rede principal e, o usuário pagará a cada mês somente o valor da diferença entre a energia consumida da rede pública e o que foi gerado e injetado na rede, acrescidos a incidência de impostos (PIS, COFINS e ICMS) sobre toda a energia consumida. Internacionalmente, esse sistema é conhecido como net metering (SONATA ENGENHARIA).

1.2. Usinas eólicas

O custo médio de instalação de uma usina eólica, de acordo com a ABEEólica (Associação brasileira de energia eólica) é em torno de R\$ 4,5 milhões para cada megawatt

(MW) eólico instalado. A fonte eólica é a segunda mais competitiva entre as demais fontes da matriz brasileira, perdendo apenas para as grandes usinas hidrelétricas, o que a coloca entre as alternativas mais concorrentes no mercado, sendo atualmente tão ou mais competitiva que as pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), cujo custo de implantação está em torno de US\$ 2 milhões por MW instalado (CCEE).

No último leilão de energia elétrica, realizado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em novembro de 2014, a energia eólica foi comercializada pelo preço médio de R\$ 136/MWh e o preço médio da energia das PCHs ficou em R\$ 162/MWh, enquanto os preços médios do MWh foram de R\$ 202 para o carvão mineral, R\$ 206 para o gás natural e de R\$ 207 para a biomassa. Nesse cenário, a energia gerada por parques eólicos tem sido bastante competitiva.

2. Energia Solar

Energia solar é aquela proveniente do sol, podendo ser energia térmica e luminosa. Esta energia pode ser captada por painéis solares, que são formados por células fotovoltaicas e posteriormente transformados em energia elétrica ou mecânica (OTTINGER, 1991).

A geração de energia a partir da luz do Sol está associada ao efeito fotovoltaico, que foi observado pela primeira vez em 1893 pelo físico francês Alexandre Edmond Becquerel (GOLDEMBERG; LUCON, 2012). No início, esse sistema era utilizado somente na geração de energia para satélites. Mas as tecnologias de produção evoluíram a tal ponto que tornou viável seu uso em aplicações terrestres, para fornecimento de energia elétrica em residências isoladas da rede convencional de distribuição.

A energia solar é utilizada principalmente em residências, no aquecimento de água e, é considerada uma boa opção na busca por alternativas menos agressivas ao meio ambiente, já que consiste em uma fonte de energia renovável e limpa, que não emite qualquer tipo de poluente.

Em virtude de ser considerada uma energia limpa e que não agride o meio ambiente, a energia solar cada vez mais é comentada e utilizada no mundo, principalmente em países mais desenvolvidos. Sendo que na última década o aumento do uso da energia solar no planeta foi de 40% (ANEEL, 2005).

Um fator estimulador para a expansão do uso desses sistemas é a geração da lei internacional net metering, que consiste na troca de energia gerada residencialmente com a energia provinda das redes elétricas, no Brasil foi publicada pela ANEEL a Resolução Normativa 482/2012 que possui o mesmo intuito.

2.1. Custos

A energia solar ainda é pouco utilizada apesar de o Brasil possuir um cenário favorável, pois os gastos com a instalação do sistema solar são bem mais elevados quando comparados com as modalidades mais tradicionais de energia. Por isso, o consumidor que optar pela energia solar terá que possuir uma disposição para que o valor da aplicação seja amortecido em 25 a 30 anos, que é o tempo médio de duração dos painéis e módulos fotovoltaicos (OVERHOLM, 2015).

Ainda, outro problema enfrentado é a dificuldade de armazenamento da energia solar. Entretanto, o governo tem incentivado essa modalidade de energia com a nova resolução da Aneel que permite que os consumidores possam fornecer a energia que sobra de seus painéis solares e obter créditos na conta de luz, não sendo necessário manter baterias para armazenar a energia excedente.

2.2. Usinas solares

A usina solar é uma forma de obtenção de energia ecológica, pois não causa danos ao meio ambiente, apesar de exigir que o local de sua instalação seja aplainado e liberado de obstáculos.

Geralmente suas instalações se situam em regiões ensolaradas, de pouca nebulosidade. Por vezes se situam em clima seco, onde não existe volume de água suficiente, para manter em funcionamento uma hidrelétrica convencional.

Sua utilização ainda é apenas relegada a um segundo plano, apenas fornecendo energia elétrica suplementar a redes de distribuição. O armazenamento de energia elétrica produzida durante o dia em baterias é ainda relativamente pouco eficiente e faz o uso de grande quantidade de baterias e estas possuem vida limitada e devem ser recicladas para evitar a contaminação do meio ambiente (BARBOSA et al., 2015)

Atualmente, o maior modelo utilizado em usinas solares são os que acometem placas fotovoltaicas. Hoje as placas solares fotovoltaicas são vendidas aos milhões em todos os países, no entanto há uma enorme variação no custo das placas solares com base nos tipos de painel solar (tecnologia) e na eficiência das placas solares, onde o tipo de placa usada para instalações de usinas podem variar a um custo de 4 a 5 mil cada MW (SHAYANI et al., 2016).

3. Energia Eólica *versus* Energia Solar

A produção eólica requer uma superfície de implantação mínima, pois as condições do local são fator decisivo na produtividade do aerogerador. Pode haver espaços incompatíveis já que a turbulência que provoca reduz a produtividade de outros geradores no mesmo alinhamento do vento.

A instalação é relativamente simples, podendo ser feita por um electricista. Requer manutenção em suas partes móveis, porém a manutenção se faz necessária em curtos períodos de tempo. Ela precisa de maiores altitudes para a torre atingir seus melhores rendimentos, entretanto, o movimento das pás ao “cortar” o ar provoca algum ruído, altera a paisagem em termos visuais e pode esporadicamente causar a morte algumas aves (EUREC, 2002).

A solar necessita de uma superfície grande que permita uma orientação dos painéis para o sol e livre de sombras que diminuam a produção. A produção é muito mais estável e previsível, pois existe produção mesmo com céu nublado e sendo nula somente a noite, que é quando não se tem mais incidência solar, atingindo sua maior produção no verão e menor no inverno.

A instalação é complexa com materiais que requerem cuidado no manuseio, orientação correta para o sol, e devem ser feitas por uma equipe qualificada. Ainda deve-se ser efetuada uma lavagem dos painéis a cada seis meses e uma verificação das ligações. Possui acesso fácil ao equipamento.

A solar não provocar ruídos como a eólica, entretanto, gera algum impacto visual ainda que seja relativamente pequeno. A geração solar possui maior investimento inicial, mas é facilmente rentabilizáveis em caso de microgeração. A geração eólica se mostra mais barata para a mesma potência nominal que a solar, porém necessitam condições mais estritas para a produção.

4. Energia de Biomassa

Atualmente, a biomassa é uma das fontes para produção de energia com maior potencial de crescimento nos próximos anos. Tanto no mercado internacional quanto no interno, ela é considerada uma das principais alternativas para a diversificação da matriz energética e a

consequente redução da dependência dos combustíveis fósseis e seus derivados (ANEEL, 2008).

Em 2010 o consumo total de energia para biomassa no mundo era de 10% do consumo mundial de energia primária, das quais 70% era biomassa tradicional (extração de madeira não comercial para indústria doméstica), e os 30% restantes (biomassa moderna) são usados sob várias formas com tecnologias mais avançada: biocombustíveis (etanol, biodiesel, biogás) calor e eletricidade queimando madeira e resíduos agrícolas (GOLDEMBERG, 2017). As projeções para o futuro indicam que a importância da biomassa aumentará muito, chegando a representar no fim do século 21 de 10 a 20% de toda a energia usada pela humanidade (GOLDEMBERG, 2009).

A biomassa pode ser considerada como uma forma indireta de energia solar, pelo fato que a energia solar é responsável pela fotossíntese, base dos processos biológicos que preservam a vida das plantas e produtora da energia química que se converterá em outras formas de energia ou em produtos energéticos (TAIZ et al., 2017). A fotossíntese permite, também, a liberação de oxigênio e a captura de dióxido de carbono (CO₂, principal agente do efeito estufa), contribuindo assim, para a contenção do aquecimento global (ANEEL, 2008).

Nesse sentido, a biomassa é definida como a energia fornecida por materiais de origem vegetal renovável ou obtido pela decomposição de dejetos (SOARES et al. 2006). Em geral, a biomassa moderna pode ser dividida em quatro setores, sendo bioenergia a partir da produção de etanol, biodiesel, dendroenergia e biogás.

A produção de etanol é dividida em etanol de primeira e etanol de segunda geração. O processo tecnológico a partir do caldo resultante da moagem da cana-de-açúcar resulta no etanol de primeira geração, enquanto que o processo de produção de etanol a partir da biomassa residual da cana-de-açúcar (palha e bagaço) resulta no etanol de segunda geração (PACHECO, 2011). O Brasil produz etanol a partir da cana-de-açúcar, enquanto outros países, como os E.U.A, produzem etanol a partir do milho (MAFIOLETTI, 2011).

O biodiesel é um combustível substituto do diesel de baixa emissão de poluentes, feito a partir de recursos renováveis e resíduos de lipídios que são misturados ao diesel, apresentando uma variedade de fontes lipídicas adotadas nas formulações (LEUNG et al. 2010). É considerado um combustível biodegradável, derivado de fontes oleaginosas renováveis, como a soja, mamona, girassol, etc. (BELTRÃO; OLIVEIRA, 2008). Em relação às formulações, a mistura de 5% de biodiesel ao diesel de petróleo é chamada de B5 e assim sucessivamente, até o biodiesel puro, denominado B100 (FAPESP, 2003).

O biogás pode ser obtido na degradação da matéria orgânica, sendo constituído de 55 a 70% de metano (CH₄) e 30 a 45% de dióxido de carbono (CO₂), contendo resquícios de outros gases (PEREIRA et al. 2015). O composto orgânico (ex: esterco) passa por um processo de hidrólise enzimática bacteriana inicial, seguindo-se de um processo fermentativo de macromoléculas (açúcares) e depois pela ação de bactérias acetogênicas e finalmente bactérias metanogênicas, que liberam metano (MARQUEZ et al. 2014).

A dendroenergia pode ser definida como a energia obtida a partir da biomassa da madeira, que corresponde por 87% da bioenergia consumida mundialmente, sendo que o emprego da madeira como matéria-prima para obtenção de energia tem grande potencial devido sua abundância e ampla utilização (SANTOS et al., 2016). A dendroenergia é proveniente de madeira comercial, ou seja, florestas plantadas cuja finalidade seja a produção comercial de madeira para a bioenergia, como as plantações de eucalyptus e outras espécies florestais (FOELKEL, 2016).

4.1. Custos

Os custos globais relativos a produção de energia a partir da biomassa é difíceis de serem estimados.

Se considerar, por exemplo, a geração de energia a partir do biogás oriundo da atividade suinícola, estima-se um custo de R\$ 190,00/MWh, utilizando-se biogás a um custo de R\$ 0.21/m³, com o retorno de investimento em aproximadamente 5,4 anos para uma planta operando 10 horas/dia (SOUZA et al., 2004).

Considerando, por exemplo, a produção de bioenergia através do etanol, estima-se que o custo de produção do etanol através da cana-de-açúcar é de US\$ 0,28/L, enquanto que o etanol derivado do milho é de US\$ 0,45/L (MAFIOLETTI et al., 2011). Esse é um fator importante, principalmente pelo fato de que o Brasil produz hegemonicamente etanol a partir da cana-de-açúcar, que custa relativamente menos que a produção de etanol a base de milho.

4.2. Fronteiras e desafios do uso da biomassa

Se considerarmos a indústria de biocombustíveis, observa-se que está baseada essencialmente na produção de etanol através da fermentação de açúcares ou amidos e na produção de biodiesel derivado de óleos vegetais. Contudo, o uso de materiais de biomassa de lignocelulose (de madeira ou fibroso) – em contraste aos açúcares e amidos – tem, entretanto, maior potencial para maximização da eficiência de conversão de luz solar, água e nutrientes em biocombustíveis (GOLDEMBERG, 2009).

A lignocelulose é o principal componente da biomassa vegetal, formada basicamente por celulose, hemicelulose e lignina. A celulose, juntamente com as hemiceluloses, são polímeros insolúveis cuja hidrólise produz açúcares simples (monômeros) e constituem os carboidratos estruturais dos vegetais, enquanto as ligninas são substâncias ternárias polimerizadas que cimentam entre si fibras celulósicas (GUERRA et al., 2008; MAKI et al., 2009).

A hidrólise de celulose gera glicose e celobiose (um dímero de glicose), contudo, a hidrólise de ligninas e hemicelulose gera açúcares e subprodutos (difenóis, cetonas, etc.), que muitas vezes inibem a fermentação microbiana (OGEDA; PETRI, 2010). Nesse sentido, apesar do grande potencial da biomassa de lignocelulose para a produção de biocombustível, em especial de etanol, observa-se a necessidade de ampliar as tecnologias para o setor, em especial na melhoria da qualidade da lignocelulose, dos pré-tratamentos químicos e biológicos, e da conversão microbiana da lignocelulose e seus subprodutos.

Outro ponto a se destacar, é o fato de que a produção de biomassa para bioenergia produz uma interferência no tipo natural do solo e expande a possibilidade da formação de monoculturas em grande extensão de terras – o que competiria com a produção de alimentos (ANEEL, 2008). Um exemplo é a cultura do milho, onde observa-se que o maior produtor mundial dessa cultura, os E.U.A, destina a maior parte da produção dessa commodity para a produção de etanol, apesar de sua baixa eficiência em comparação com o etanol derivado da cana-de-açúcar (MAFIOLETTI et al., 2011; SENNA; ANSANELLI, 2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso das energias renováveis apresenta-se enquanto uma alternativa para o aumento da demanda de energia pela matriz energética mundial. A energia solar é um recurso abundante, em especial nas regiões equatoriais, enquanto a energia eólica pode ser amplamente desenvolvida em regiões litorâneas e a biomassa pode ser produzida com grande eficiência em várias regiões do planeta, especialmente tropicais. Diante desse cenário, o Brasil possui um grande território com forte potencialidade para o desenvolvimento de energias renováveis.

Devido à demanda energética crescente no mundo, em concomitante com as pressões sociais que reivindica a preservação ou uso mais eficiente e racional dos recursos naturais, observa-se que a energia solar, eólica e de biomassa representam alternativas economicamente viáveis e ambientalmente sustentáveis para o setor energético.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARANTE, O.; BROWER, M.; ZACK, J.; SÁ, A. L. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. CRESESB / ELETROBRAS / CEPEL / MME. Brasília: MME, 2001.
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de Energia Elétrica do Brasil. 3ª ed. Brasília: ANEEL, 2008. 236 p.
- BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. Oleaginosas e seus óleos: vantagens e desvantagens para a produção de biodiesel. Campina Grande: Embrapa, 2008. 28 p.
- BARBOSA, W. P. F., AZEVEDO, A. C. S. d., COSTA, A. L. & PINHEIRO, R. B., 2015. Estudo para penetração de investimentos em Energia Solar Fotovoltaica no Estado de Minas Gerais. In: Energia e Direito. Rio de Janeiro: Lumen Juris.
- EUREC Agency. The future for renewable energy 2. Prospects and directions. London: James & James, 2002.
- EICHLER, P.; SANTOS, F.; TOLEDO, M.; ZERBIN, P.; SCHIMITZ, G.; ALVES, C.; RIES, L.; GOMES, F. Produção de biometanol via gaseificação de biomassa lignocelulósica. **Química Nova**, v. 38, n. 6, p. 828-835, 2015.
- FAPESP. Biodiesel no tanque. Pesquisa Fapesp, v. 94, p. 67-71, 2003.
- FOELKEL, C. **Utilização da biomassa do eucalipto para produção de calor, vapor e eletricidade**. Eucalyptus Online Book & Newsletter, 2016. 239 p.
- 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.
- GOLDEMBERG, J. Biomassa e energia. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 582-587, 2009.
- GOLDEMBERG, J. Energia e sustentabilidade. **Revista de Cultura e Extensão Universitária**, n.14, p. 33-43, 2015.
- GUERRA, J. G. M.; SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica no solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ª ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 19-26.
- LEUNG, D. Y. C.; WU, X.; LEUNG, M. K. H. A review on biodiesel production using catalyzed transesterification. **Applied Energy**, v. 87, n. 4, p. 1083-1095, 2010.
- LOPEZ, R. A. **Energia Eólica**. São Paulo: Artliber Editora Ltda, 2012.
- MAKI, M.; LEUNG, K. T.; QIN, W. The prospects of cellulase-producing bacteria for the bioconversion of lignocellulosic biomass. **International Journal of Biological Sciences** 5, 500-516, 2009.
- MAFIOLETTI, R.; MARTINS, G.; TURRA, F. Produção de etanol nos Estados Unidos da América. **Revista Política Agrícola**, ano XX, n. 3, p. 96-107, 2011.

MARQUES, S. M. A. A.; SILVA JÚNIOR, F. J.; MONTEIRO, M. K. D.; VIEIRA, A. S.; VENTURA, A. F. A.; JÚNIOR, R. V. Produção de biofertilizante, adubo orgânico e biogás para agricultura familiar. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 990-999, 2014.

OGEDA, T. L.; PETRI, D. F. S. Hidrólise enzimática de biomassa. **Química Nova**, v. 33, n. 7, p. 1549-1558, 2010.

OTTINGER, R. L. Environmental costs of electricity / prepared by Pace University center for environmental legal studies. New York: Oceana Publications, 1991.

OVERHOLM, H. Spreading the rooftop revolution: What policies enable solar-as-a-service? **Energy Policy**, v. 84, p. 69–79, 2015.

PACHECO, T. F. Produção de Etanol: primeira ou segunda geração? Brasília: Embrapa, 2011. 6 p.

PEREIRA, M. S.; GODOY, T. P.; GODOY, L. P.; BUENO, W. P.; WEGNER, R. S. Energias renováveis: biogás e energia elétrica provenientes de resíduos de suinocultura e bovinocultura na UFSM. **Revista Eletrônica em Gestão Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 239-247, 2015.

PINHO, J. T.; GALHARDO, M. A. B. Sistema hídrico eólico-fotovoltaico-diesel para eletrificação da comunidade de São Tomé – Município de Maracanã – Pará. **In: X Congresso Brasileiro de Energia**, 2004.

SANTOS, F. A.; TELLES, P.; INDA, A. V. C.; GEREMIA, A. R. Dendroenergia: uma revisão. **Nucleus**, v. 13, n. 1, p. 131-142, 2016.

SENNA, P. P.; ANSANELLI, S. L. M.. First generation or second generation ethanol in Brazil? A comparison through economic and social environmental aspects. **ESPACIOS (CARACAS)**, v. 38, p. 15, 2017.

Shayani, R. A., Oliveira, M. A. G, Camargo, I. M. T., 2006. Comparação do Custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais, V Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, Brasília – DF.

SOARES, T. S.; CARNEIRO, A. C. O.; GONÇALVES, E. O.; LELLES, J. G. Uso de biomassa florestal na geração de energia. **Revista Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 4, n. 8, p. 1-9, 2006.

SOUZA, S. N. M. de; PEREIRA, W. C.; NOGUEIRA, C. E. C.; PAVAN, A. A.; SORDI, A. Custo da eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura. **Acta Scientiarum Technology**, v. 26, n. 2, p. 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 858 p.

TOURKOLIAS, C.; MIRASGEDIS, S. **Quantification and monetization of employment benefits associated with renewable energy technologies in Greece**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.15, n.6, p.2876-86, ago.2011.